

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
**федеральное государственное автономное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ**  
**ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Школа Инженерная школа энергетики

Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Отделение (НОЦ) НОЦ И.Н. Бутакова

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
АСР температуры гелеобразного топлива в процессе приготовления УДК <u>662.75-52</u>

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б6В	Филиппов Евгений Викторович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент, ИШФВП	Волков Р.С.	К.Т.Н		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Трубченко Т.Г.	Доцент, к.э.н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Немцова О.А.			

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ И.Н.Бутакова	Антонова А.М.	К.Т.Н		

**Запланированные результаты обучения выпускника образовательной программы  
бакалавриата по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»**

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные</i>	
P1	Применять математические, естественнонаучные, инженерные, гуманитарные, социально-экономические знания, компьютерные технологии для решения задач расчета и анализа <i>теплоэнергетических и теплотехнических установок</i> , автоматизированных систем управления, средств автоматизации и контроля.
P2	Формулировать задачи в области <i>теплоэнергетики и теплотехники</i> , автоматизированных систем управления, анализировать и решать их с использованием всех требуемых и доступных ресурсов.
P3	Проектировать <i>теплоэнергетические и теплотехнические системы</i> , автоматизированных систем управления <i>и их компоненты</i> .
P4	Планировать и проводить испытания и экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик и состояния <i>систем теплоэнергетики и теплотехники</i> , автоматизированных систем управления, их <i>оборудования</i> , интерпретировать данные и делать выводы.
P5	Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области <i>теплоэнергетики и теплотехники</i> , автоматизированных систем управления
P6	Применять практические знания принципов и технологий <i>теплоэнергетической и теплотехнической</i> отраслей, связанных с особенностью проблем, объектов и видов профессиональной деятельности профиля подготовки на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях.
<i>Универсальные</i>	
P7	Использовать знания в области менеджмента для управления комплексной инженерной деятельностью в области <i>теплоэнергетики и теплотехники</i> .
P8	Использовать навыки устной, письменной речи, в том числе на иностранном языке, компьютерные технологии для коммуникации, презентации, составления отчетов и обмена технической информацией в областях <i>теплоэнергетики и теплотехники</i> .
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной, в области <i>теплоэнергетики и теплотехники</i> .
P10	Проявлять личную ответственность и приверженность нормам профессиональной этики и нормам ведения комплексной инженерной деятельности.
P11	Учитывать социальные, правовые и культурные аспекты, вопросы охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности при осуществлении комплексной инженерной деятельности в области <i>теплоэнергетики и теплотехники</i>
P12	Непрерывно самообучаться и совершенствовать свои компетенции в области <i>теплоэнергетики и теплотехники</i> .

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Школа Инженерная школа энергетики

Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Отделение (НОЦ) НОЦ И.Н. Бутакова

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель профиля  
Озерова И.П.

\_\_\_\_\_  
(Подпись)

\_\_\_\_\_  
(Дата)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы
---------------------

Студенту:

Группа	ФИО
5Б6В	Филиппову Евгению Викторовичу

Тема работы:

АСР температуры гелеобразного топлива в процессе приготовления	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	14.05.2020 г. № 135-41/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	30.05.2020 г.
--	---------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

Исходные данные к работе	Объектом проектирования является испытательный стенд. Производимое топливо – гелеобразное топливо, приготовленное на основе масла, поливинилового спирта и дистиллированной воды. При разработке системы регулирования процессом приготовления топлива предусмотреть использование современных микропроцессорных технических средств автоматизации для реализации функций автоматического контроля параметров и дистанционного управления системой.
--------------------------	---

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1 Научно-исследовательская работа 2 Проектирование АСР процессом приготовления гелеобразного топлива 3 Разработка щита управления. 4 Расчет параметров настройки регулятора. 5 Разработка мнемосхемы проекта. 6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. 7 Социальная ответственность
Перечень графического материала	1 Схемы структурная. 2 Схема функциональная. 3 Электрическая схема соединений щита управления. 4 Схема монтажная. 5 Общий вид щита управления.

#### **Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Трубченко Татьяна Григорьевна
Социальная ответственность	Немцова Ольга Александровна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	06.02.2020 г.
--	---------------

#### **Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ИШФВП	Волков Р.С.	к.т.н.		

#### **Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б6В	Филиппов Евгений Викторович		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 87 страниц, 11 рисунков, 22 таблицы, 18 источников.

Ключевые слова: автоматическая система регулирования, приготовление топлива, микроэмульсия, гелеобразное топливо, альтернативное топливо, термодинамическая стабильность.

Объектом исследования является гелеобразное топливо. Технологическим объектом регулирования является холодильная камера.

Цель работы – разработать автоматическую систему регулирования температуры гелеобразного топлива в процессе приготовления.

В процессе работы выполнен выбор оборудования системы автоматизации, разработка схемной документации и проведены экспериментальные исследования свойств гелеобразного топлива в изменяющихся температурных условиях.

В результате выполнения выпускной квалификационной работы (ВКР) разработана система регулирования процессом приготовления гелеобразного топлива, а также исследованы температурные диапазоны.

Преимуществом разработанной системы является специально спроектированный программно-оперативный комплекс на базе SCADA-системы, который позволяет распределить функции между автоматической системой и оперативным персоналом. Такое решение позволяет повысить качество управления технологическим процессом, а также положительно влияет на безопасность производства.

В процессе работы использовались современные программные продукты MasterSCADA, Codesys, Компас 3D, Mathcad, Microsoft Office.

## Оглавление

Введение .....	9
1 Приготовление топлива .....	11
2 Анализ объекта автоматизации .....	14
3 Разработка структуры автоматической системы регулирования (АСР).....	16
3.1 Разработка функциональной схемы .....	18
3.2 Технические средства и составление спецификации .....	19
3.3 Разработка монтажной схемы .....	20
3.4 Выбор исполнительного механизма .....	22
3.5 Разработка принципиальной электрической схемы щита управления ....	23
3.6 Разработка перечня элементов щита управления .....	25
3.7 Разработка общего вида щита управления .....	25
4 Расчет параметров настройки ПИ-регулятора.....	26
4.1 Идентификация объекта управления.....	27
4.2 Расчёт и построение границы заданного запаса устойчивости АСР с ПИ-регулятором и объектом с передаточной функцией.....	28
4.3 Определение оптимальных параметров настройки регулятора .....	31
4.4 Определение оптимальных параметров настройки ПИ – регулятора .....	33
4.5 Расчёт, построение и оценка качества переходных процессов в замкнутой АСР при возмущении $f$ , идущем по каналу возмущающего воздействия .....	34
4.6 Переходный процесс в замкнутой АСР по каналу задающего воздействия .....	34
4.7 Оценка качества регулирования .....	37
4.8 Переходный процесс при возмущении $f$ , идущем по каналу возмущающего воздействия .....	38
5 Мнемосхема технологического процесса .....	42
6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.	47
6.1 Потенциальные потребители результатов исследования .....	47
6.2 Анализ конкурентных технических решений .....	48

6.3	SWOT-анализ.....	50
6.4	Планирование научно – исследовательской работы .....	51
6.4.1	Структура работ .....	51
6.4.2	Проведения научно-технического исследования.....	53
6.5	Бюджет научно-технического исследования .....	57
6.5.1	Расчет материальных затрат .....	57
6.5.2	Расчет затрат на заработную плату .....	58
6.5.3	Расчет затрат на социальный налог.....	59
6.5.4	Расчет затрат на электроэнергию .....	59
6.5.5	Расчет амортизационных расходов.....	60
6.5.6	Расчет прочих расходов.....	61
6.5.7	Расчет общей себестоимости разработки .....	62
6.5.8	Расчет прибыли .....	62
6.5.9	Расчет НДС .....	62
6.5.9.1	Цена разработки проекта .....	62
6.6	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования ...	63
6.7	Выводы по разделу .....	64
7	Социальная ответственность .....	68
7.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	68
7.1.1	Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства .....	69
7.1.2	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны .....	70
7.2	Производственная безопасность.....	71
7.2.1	Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования.....	71
7.2.2	Отклонение параметров микроклимата.....	72
7.2.3	Повышенный уровень электромагнитных излучений .....	74
7.2.4	Повышенный уровень шума .....	75
7.2.5	Поражение электрическим током .....	76

7.2.6 Повышенная температура поверхностей оборудования материалов	77
7.2.7 Движущиеся части машин и механизмов .....	78
7.2.8 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя от действий опасных и вредных факторов.....	78
7.3 Экологическая безопасность .....	79
7.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду .....	80
7.3.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду .....	80
7.3.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды.....	81
7.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	81
7.4.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований .....	81
7.4.2. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований .....	82
7.4.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.....	83
7.5 Выводы по разделу .....	83
Заключение .....	84
Список использованных источников.....	86
Графический материал:	на отдельных листах
ФЮРА.421000.016 С1	Схема структурная
ФЮРА.421000.016 С2	Схема функциональная
ФЮРА.421000.016 Э4	Схема принципиальная электрическая
ФЮРА.421000.016 С4	Схема монтажная
ФЮРА.421000.016 ВО	Общий вид щита автоматизации
ФЮРА.421000.016 СО1	Заказная спецификация приборов и средств автоматизации
ФЮРА.421000.016 ПЭ	Перечень элементов щита автоматизации



## Введение

В настоящее время исследователи топливных технологий занимаются решением наиболее значимой группы проблем. В частности, проводятся исследования, связанные с созданием технологии, способствующей минимизации расхода топлива, увеличению эффективности использования, а также повышению динамики процесса горения, снижению антропогенных выбросов в результате горения топлива, повышению полноты сгорания топлива, улучшения качества получаемого топлива в процессе изготовления, и в то же время уменьшению экономических затрат на производство [1–3].

Одним из путей решения данных проблем является использование микроэмульгированных / эмульгированных топлив. [4].

В результате исследований было выявлено, что вода, содержащаяся в виде капель (от 5 до 20 нм) в микроэмульсии, улучшает характеристики протекающих процессов зажигания и горения топлива во многих аспектах за счет явлений микровзрывного разрушения [9], улучшая экологические и энергетические характеристики топлива. Исследованы многочисленные варианты водосодержащих топливных эмульсий, которые оказывают различное влияние на работу двигателя внутреннего сгорания [9–10]. Однако наиболее важным преимуществом микроэмульгированных топлив является снижение их негативного экологического воздействия на окружающую среду [11].

Наиболее важной характеристикой эмульгированного топлива является его стабильность. Основной задачей на практике является обеспечение стабильного состояния эмульсии в долгосрочной перспективе для исключения разделения фаз топлива при его использовании в двигателях. Одним из возможных путей достижения термодинамической стабильности двухфазного топлива может быть применение микроэмульсий [5–7].

При приготовлении эмульсий в заводских условиях применяют следующие методы:

- 1) метод смешения;
- 2) цикл замораживания / оттаивания;

Целью данной выпускной квалификационной работы является разработка автоматической системы управления процессом приготовления гелеобразного топлива.

Для достижения этой цели необходимо выполнить следующие задачи

1. Провести анализ объекта, определить структуру системы управления.
2. Выбрать оборудование и провести анализ первичных преобразователей.
3. Разработать мнемосхему SCADA – системы автоматизированной системы управления в программной среде

## 1 Приготовление топлива

Для приготовления маслонаполненных криогелей использовали распространенные достаточно типичные компоненты: (i) дисперсионная среда – водные растворы (distilled water with a conductivity of no more than 5  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) ПВС Kuraray Poval<sup>®</sup> 15-99, viscosity 4% (DIN 53015) – 13.4 mPa·s, degree of hydrolysis – 99.2%, residual acetyl content – 0.8% (Kuraray Co., Ltd, Japan); (ii) дисперсная фаза – масло промышленное И-40А (ГОСТ 20799-88, Russia), его характеристики приведены в табл. 1; (iii) эмульгатор – Tween<sup>®</sup> 80, polyoxyethylene (20) sorbitan monoleate (Vekton, Russia).

Таблица – 1.1 Основные характеристики масла И-40А

Характеристика	Значение
Кинематическая вязкость при 40 °С, сСт	61–75
Плотность при 20 °С, кг/м <sup>3</sup>	не более 900
Влажность, % масс.	trace
Зольность, % масс.	не более 0.005
Pour point, °С	не выше минус 15
Flash point (open cup), °С	не ниже 220

Процесс их приготовления и подготовки образцов топлива к проведению экспериментов состоял из трех основных этапов (рис. 1.1).. На первом этапе порошок ПВС растворяли в воде путем перемешивания лопастной мешалкой ES-8300 D (Ecros, Russia) с частотой вращения вала 500 об./мин. при температуре воды около 80 °С, что позволяло интенсифицировать процесс по сравнению с аналогичными условиями перемешивания компонентов при температуре 20 °С. Было получено два образца водного раствора ПВС с массовыми концентрациями последнего 5% и 10%. На втором этапе готовили о/в эмульсии масла в растворе ПВС. Для

повышения стабильности эмульсий, обеспечивающей однородность структуры криогеля, применяли эмульгатор (ПАВ, англ. – SAS). Сначала в водном растворе ПВС растворяли эмульгатор. Далее эмульсии получали механическим диспергированием масла в водной фазе путем перемешивания компонентов при температуре окружающей среды с помощью высокоскоростной цифровой мешалки GJ-3S (Qingdao ChuangMeng Instrument Co., Ltd., China) при частоте вращения вала 11000 об./мин. В процессе диспергирования в подготовленный раствор ПВС с эмульгатором небольшими порциями (10–15% от общего объема) вводили масло. Каждую следующую порцию масла вводили после полного эмульгирования предыдущей порции. После введения последней порции масла и его эмульгирования перемешивание продолжали еще 10 мин. Для подтверждения типа эмульсии все подготовленные образцы были испытаны с использованием теста на разбавление (или теста на каплю эмульсии). На третьем этапе для изготовления образцов топливных пеллет со стандартным размером (ISO 17225-2:2014) полученные эмульсии с разными концентрациями компонентов (табл. 2) заливали в цилиндрические формы (диаметр 20 мм, высота 20 мм) и замораживали при температуре минус 15 °С в течение 12 часов. После этого их размораживали при температуре 20 °С в течение 12 часов. Число циклов *замораживания / оттаивания* составляло не менее 15. С увеличением числа циклов улучшались физико-механические характеристики (упругость, прочность) топливных пеллет (рис. 1.2), значения, которых изменялись менее 1% после реализации 15 циклов *замораживания / оттаивания*.

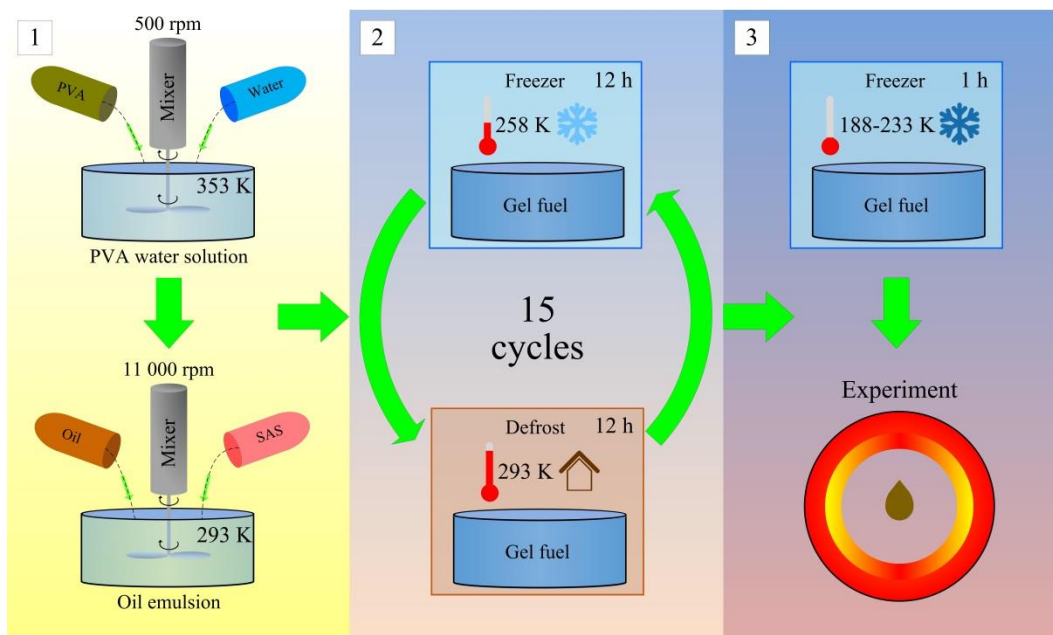


Рисунок – 1.1 Схема приготовления маслonaполненных криогелей и подготовки образцов гелеобразного топлива к проведению экспериментов

Таблица – 1.2 Составы топливных композиций

No. состава	Концентрации компонентов, % об.			
	Водный раствор ПВС 5% масс.	Водный раствор ПВС 10% масс.	Масло И-40А	ПАВ
1	100	—	0	—
2	78	—	20	2
3	58	—	40	2
4	48	—	50	2
5	38	—	60	2
6	18	—	80	2
7	—	100	0	—
8	—	78	20	2
9	—	58	40	2
10	—	48	50	2
11	—	38	60	2

12	—	18	80	2
13	—	—	100	—



№. 2 (20 % об. масла)

№. 4 (50 % об. масла)

№. 6 (80 % об. масла)

Рисунок – 1.2 Внешний вид пеллет из маслонаполненных криогелей на основе 5%-ного водного раствора ПВС

При выполнении экспериментов были определены составы топлив которые могут быть использованы на практике, а именно концентрация загустителя 50 % и концентрация масла 50 %, также определены температурные режимы, при которых получаются эти топлива. Топливо необходимо замораживать при температуре минус 15 °С, затем прогревать при температуре 20 °С, повторять эти циклы нужно не менее 15 раз. В дальнейшем эти результаты будут использоваться для настройки режимов работы данной системы регулирования.

## 2 Анализ объекта автоматизации

В течение последних десятилетий потребление угля в мире растет высокими темпами. Тенденция глобальной электрификации в большинстве стран приводит к увеличению выработки электроэнергии. При этом лидирующие позиции имеют тепловые электрические станции (ТЭС). В настоящее время в структуре глобального энергопотребления при сжигании на ТЭС углей разных марок производится почти 39 % объема мировой электрической энергии. Широкое использование угля для производства тепловой и электрической энергии привело к глобальному загрязнению

окружающей среды и изменению климата, а также к проблемам экологической деградации, ухудшения здоровья населения и повышения смертности.

Одним из известных путей минимизации концентраций антропогенных выбросов угольной теплоэнергетики считается использование альтернативных видов топлива. Применение таких топлив позволяет не только уменьшить количество антропогенных выбросов, но и уменьшить потребление ископаемого топлива в целом. Также альтернативные топлива позволяют повысить эффективность процессов зажигания, горения и парообразования внутри топочной камеры, что благоприятно сказывается на эффективности двигателя. Одним из видов такого топлива являются гелеобразное топливо.

В данной работе представлена автоматическая система приготовления гелеобразного топлива. Система состоит из двух хранилищ. В первом хранилище расположено жидкое топливо (масло И-40), во втором хранилище располагаются смешанные компоненты дистиллированной воды и поливинилового спирта. Далее эти компоненты перекачиваются насосами по трубопроводу в емкость, где происходит смешивание компонентов из первого и второго хранилища при помощи смешивающего устройства по типу вертикальной приводной мешалки при высокой частоте оборотов порядка 11000 об./мин. В соответствии с результатами, которые были получены в результате экспериментов компоненты подаются в определенных пропорциях. Варианты взятых концентраций компонентов в экспериментах представлены в таблице 1.2. При постоянной частоте оборотов расход регулируется методом дросселирования путем изменения выходного сечения регулирующего клапана. После получения однородной эмульсии она насосом перекачивается в емкость, в которой происходит формирования топливных пеллет. Они находятся в морозильной камере, затем после наполнения этих пеллет реализуются циклы замораживания / оттаивания данной эмульсии, в результате которых получается гелеобразное топливо.

Для того чтобы добиться определённого состояния топлива

необходимо регулировать ряд параметров, таких как: температура смешивающихся компонентов, объёмное соотношение смеси эмульгаторов и объёмное соотношение компонентов, а также регулировать частоту оборотов смешивающего устройства.

В качестве объекта автоматизации в курсовом проекте выступает бак смешения компонентов гелеобразного топлива.

### 3 Разработка структуры автоматической системы регулирования (АСР)

Выбор структуры управления объектом автоматизации оказывает существенное влияние на эффективность его работы, стоимость системы регулирования, её надёжности и ремонтпригодности. Система автоматического регулирования может состоять из одного или нескольких уровней управления (одноуровневые и многоуровневые системы). В рамках данной работы применяется многоуровневая система управления расходом топлива в трубопроводе, строящаяся по трехуровневому иерархическому принципу.

Полевой уровень включает в себя местные показывающие приборы, первичные средства измерения и датчики технологических параметров, исполнительные механизмы и органы местного управления. На нижнем уровне выполняется контроль технологических параметров с заданной точностью и периодичностью; преобразование измеренных параметров в унифицированные электрические сигналы; контроль состояния исполнительных механизмов и сигнализаторов технологических параметров; интерфейс с аппаратурой управления исполнительными механизмами.

К среднему уровню относятся щит управления, построенный на базе программируемых логических контроллеров (ПЛК), которые обеспечивают сбор информации, поступающей с датчиков технологических параметров и формирование команд на исполнительные механизмы, и содержащий вторичные средства измерения, выполняющие функции преобразования



сигналов от датчиков нулевого уровня до контроллерного оборудования, а также искробезопасные барьеры и преобразователи. На среднем уровне выполняется сбор и первичная обработка технологической информации, поступающей от датчиков и измерительных преобразователей, а также информации по учету и контролю количества и сопутствующих параметров расхода; автоматическое тестирование элементов местной автоматики и контроллеров блоков управления; передача информации на верхний уровень.

На верхнем уровне выполняется сбор и концентрация информации о ходе технологического процесса от контроллеров и станций нижнего уровня управления; составление оперативных сводок, отчетных и справочных документов; внутренняя обработка и хранение информации, формирование базы данных; формирование и передача на нижний уровень управляющих воздействий по поддержанию заданных технологических режимов; диагностики работы технологического оборудования, технических и программных средств системы управления.

Структура управления – есть сумма всех частей автоматической системы, на которые она может быть поделена по какому-либо показателю. Также структура управления – это каналы передачи воздействий между частями автоматической системы. При этом эффективность работы объекта автоматизации, относительная стоимость, ремонтпригодность, а также надежность напрямую зависят от выбора структуры управления объектом автоматизации. В системах регулирования расхода применяют один из трех способов изменения расхода:

- дросселирование потока вещества через регулирующий орган, устанавливаемый на трубопроводе (клапан, шибер, заслонка);
- изменение напора в трубопроводе с помощью регулируемого источника энергии (например, изменением числа оборотов двигателя насоса или угла поворота лопастей вентилятора);
- байпасирование, то есть переброс избытка вещества из основного трубопровода в обводную линию.

В данной работе рассматривается дросселирование, которое предполагает управление расходом в трубопроводе при помощи регулирующего органа – задвижки. Данный метод является наиболее распространенным на практике и основывается на частичном перекрытии потока рабочей жидкости.

### 3.1 Разработка функциональной схемы

На функциональных схемах условными графическими обозначениями изображают технологическое оборудование и трубопроводы, органы управления, приборы и средства автоматизации, показывают взаимодействие технологического оборудования и элементов автоматики и связи между элементами автоматизации.

Функциональная схема автоматизированной системы управления приготовления гелеобразного топлива, разработанная в данном курсовом проекте, представлена на листе ФЮРА.421000.016 С2.

В верхней части листа изображается технологическая схема, позволяющая показать местоположение точек контроля, первичных преобразователей, а также нумерацию измерительных и управляющих каналов. В нижней части чертежа располагаются щит управления и АРМ оператора, изображенные в виде прямоугольников.

Первичный измерительный преобразователь, регулирующие органы и исполнительные механизмы изображаются на технологической схеме в виде окружности. От них выводятся линии связи с номером измерительного или управляющего канала.

Далее линии связи идут к прямоугольнику с названием «Щит управления», на котором изображен контроллер. От контроллера информация передается в текущем времени на верхний уровень, т.е. на автоматизированное рабочее место (АРМ) оперативного персонала, который следит за технологическим процессом.

Компоненты будущего топлива поступают в смешивающий бак, процесс смешения сопровождается работой перемешивающего устройства и поддержанием положительной температуры состава. По окончании процесса, готовое топливо поступает в емкость-хранилище.

### 3.2 Технические средства и составление спецификации

Одним из основных аспектов при проектировании автоматических систем управления является выбор технических средств автоматизации. При выборе устройств нужно обращать внимание на доступность и надежность рассматриваемых технических средств. В данной работе предпочтение отдается отечественным производителям, таким как ЭЛЕСИ, МЕТРАН и т.д. Немаловажную роль в выборе технических средств играет унификация и возможность обеспечения взаимосвязи между устройствами и системой в целом. Еще одним критерием выбора приборов являются габаритные размеры. Все выбранные устройства необходимо устанавливать либо по месту, либо на щитах управления, и то сколько пространства занимает то или иное устройство в ограниченном объеме может стать серьезной проблемой.

В процессе выбора первичных измерительных преобразователей необходимо учитывать предельные значения измеряемого параметра и давлений, в диапазоне которых можно применять различные первичные измерительные преобразователи, а также характеристики выходного сигнала первичных измерительных преобразователей. Необходимо ограничивать количество технических средств, устанавливаемых на щитах, минимальным набором, обеспечивающим выполнение требуемых функций. Стоит обращать внимание на исполнение прибора. Например, в условиях агрессивной среды лучше использовать преобразователи в защитном кожухе.

Контроль параметров предусмотрен с использованием следующих технических средств:

- 1) местный контроль температуры воды и смеси в баке –

преобразователь термоэлектрический Метран 243 НСХ 50М, предел допускаемой основной приведенной погрешности 0,4 %, диапазон измерения -50...120 °С., с выходным сигналом 4...20 мА[11];

2) местный контроль уровня в баке – Рефлексный микроволновый уровнемер MicroTrek, предел допускаемой основной приведенной погрешности 0,5 %, максимальный диапазон измерения 24 м, выходной сигнал 4...20 мА[12];

3) средний уровень проектируемой системы выполнен с использованием ПЛК 160, который обеспечивает сбор информации, поступающей с датчиков технологических параметров и формирование команд регулирования на исполнительные механизмы. К нему необходимо дополнительно модуль аналогового ввода/вывода ТМА – 301[13].

Техническая документация, в которой отражены все необходимые сведения о приборах и технических средствах автоматизации называется спецификацией.

Заказная спецификация приборов и средств автоматизации системы регулирования представлена на ФЮРА.421000.016.CO1.

### 3.3 Разработка монтажной схемы

На схемах внешних электрических и трубных проводок изображают прокладываемые вне щитов электрические провода, кабели, импульсные, командные, питающие, защитные трубы, короба, лотки и металлорукава с указанием их номера, типа (марок) и длин. На чертежах этих схем в виде условных обозначений изображаются:

- отборные устройства и первичные преобразователи, встраиваемые в технологическое оборудование и трубопроводы;
- приборы и средства автоматизации, устанавливаемые вне щитов и пультов;
- щиты, пульты и т.п.;

- вспомогательные устройства (соединительные и протяжные коробки, фитинги, коробки свободных концов термопар и т.п.);
- устройства заземления щитов, приборов и других токоприемников.

Монтажная схема соединений внешних проводок проектируемой системы представлена на ФЮРА.421000.016.С4.

В верхней части схемы расположена таблица с обозначениями измеряемых параметров, измеряемой среды, мест установки и позиционного обозначения измерительных приборов. Ниже расположены условно изображенные датчики, от которых отходят кабели, обозначенные на чертеже линиями, прописано название кабеля, его сечение и количество жил, а также протяженность. Линии, проведенные от датчиков, соединены с прямоугольником, обозначающим шкаф автоматизации. Условно изображены и пронумерованы клеммы, к которым подходят линии от датчиков. В правой части чертежа расположены устройства и механизмы, предназначенные непосредственно для регулирования технологического параметра, путем подачи на них дискретных сигналов. Также проведены линии до шкафа автоматизации, обозначающие кабели, прописаны их характеристики.

Для электропроводок систем автоматизации применяются изолированные провода и кабели с алюминиевыми и медными жилами. В цепях измерения, управления, питания, сигнализации и т.п. (в том числе в цепях телемеханических устройств) допускается применять провода и кабели с медными жилами.

Для прокладки в пластмассовых и стальных защитных трубах (в металлических рукавах) должны применяться провода с сечением медных жил не менее  $1 \text{ мм}^2$ , алюминиевых -  $2 \text{ мм}^2$ , обладающих достаточной механической прочностью, необходимой для выполнения затяжки этих проводов в трубы.

Помимо требований к материалу проводников (медь и алюминий) и допустимым сечениям при выборе проводов и кабелей особое внимание должно уделяться соответствию их технических данных условиям

окружающей среды. Необходимо, чтобы изоляция, защитные оболочки и наружные покровы проводов и кабелей отвечали условиям окружающей среды и принятому способу выполнения электропроводки. При выборе проводов и кабелей необходимо учитывать резерв жил.

### 3.4 Выбор исполнительного механизма

Исполнительный механизм – это устройство, преобразующее выходной сигнал регулятора в перемещение регулирующего органа. Обычно исполнительные механизмы состоят из трех основных частей: привод, прибор для управления приводом и регулирующий орган – задвижки. Привод обеспечивает изменение положения задвижки, а задвижка корректирует величину переменной процесса.

За счет подвода энергии извне исполнительный механизм развивает усилие и мощность, достаточные для перемещения регулирующего органа в положение, соответствующее командному сигналу. Например, исполнительный механизм может использоваться, чтобы изменить степень открытия клапана для увеличения или уменьшения загрузки, или изменить положение заслонки или жалюзи.

Выбор типа ИМ (однооборотный – МЭО, однооборотный фланцевый – МЭОФ, прямоходный постоянной скорости – МЭП, прямоходный кривошипный переменной скорости – МЭПК) определяется типом трубопроводной арматуры. В данной работе предполагается использование запорно-регулирующего крана, который позволяет управлять интенсивностью потока воды на смешивание либо надежно перекрывать его. Значит, тип ИМ – МЭОФ.

Исполнительный механизм выбирается не только из вида регулирующего органа, но и от крутящего момента.

При выборе ИМ типа МЭОФ должно выполняться условие  $M_H > M_{\max}$ , поэтому по каталогу завода-изготовителя «ОАО ЗЭиМ» выбираем механизм

электроисполнительный однообразный с номинальным значением момента на выходном валу 100 Н·м , номинальное значение времени полного хода 10 с, в составе с индуктивным блоком сигнализации положения выходного вала. Тип МЭОФ–100/10–0,25-М-99.

При выборе ИМ типа МЭОФ должно выполняться условие  $F_H > F_{max}$ , поэтому по каталогу завода-изготовителя «ОАО ЗЭиМ» выбираем механизм электроисполнительный однообразный с номинальным значением усилия на штоке 100 Н·м, номинальное значение времени полного хода 10 с, номинальное значение полного хода 25 мм. Тип МЭО-100/10-0,25М-99.

### 3.5 Разработка принципиальной электрической схемы щита управления

Полный состав приборов и средств автоматизации, используемый в составе системы регулирования приготовления гелеобразного топлива отражает принципиальная электрическая схема.

Схема соединений определяет конструктивное выполнение электрических соединений элементов в изделии. На схеме изображаются все устройства и элементы, входящие в схему, а также соединения между ними. Устройства изображаются в виде прямоугольников, элементы – в виде условных графических изображений, установленных в ЕСКД. Около условных графических обозначений устройств и элементов указывают позиционные обозначения, присвоенные им на принципиальной схеме. На схеме необходимо указывать обозначения выводов (контактов) элементов, нанесенные на изделие или установленные в документации изделия. Проводам, жгутам, кабелям на схеме присваиваются порядковые номера.

Для разработки принципиальной электрической схемы необходимо выполнить ряд действий:

- 1) нанести на схему технические средства автоматизации с соответствующими стандартами;
- 2) произвести соединение проводок с клеммами устройств по

требованиям завода изготовителя оборудования;

3) произвести нумерацию проводников.

При выполнении схемы используем развернутые изображения элементов технических средств. Расположение графического и текстового материала выбрано для облегчения чтения этого чертежа.

Линии связи состоят только из горизонтальных и вертикальных отрезков и имеют минимальное число взаимных пересечений. Расстояние между соседними параллельными линиями не менее 5 мм.

На входе расположен блок зажимов XT0 на который подается внешнее питание 220 В. Далее расположен автоматический выключатель QF1, который позволяет обесточивать щит управления, затем питание подается на контроллер A1 и на источник питания G1. Контроллер питается на прямую от 220 В. Источник питания служит для преобразования 220 В в 24 В, также постоянным током запитываются измерительные преобразователи UY1...UY7, модули аналогового ввода/вывода A2, A3 и одноконтактное реле. Контроллер ПЛК 160 имеет 8 аналоговых входов, 4 аналоговых выхода, 16 дискретных входов, 12 дискретных выходов. В связи с недостаточным количеством аналоговых входов на контроллере, были добавлены модули аналогового ввода/вывода ТМА-301. Подключение этих модулей было реализовано при помощи интерфейса RS-485. На аналоговые входы заводятся аналоговые сигналы, которые поступают в поле и проходят через измерительные преобразователи ET-422. Управление регулирующими клапанами происходит посредством подключения сигналов на аналоговые выходы. На дискретные выходы заводятся сигналы управления приводами насосов и мешалки, а именно включить / выключить.

Схема соединений представлена на ФЮРА.421000.016.Э4. Перечень используемых элементов представлен на листе ФЮРА.421000.001 ПЭ4.



### 3.6 Разработка перечня элементов щита управления

Совместно с разработкой чертежей принципиальной электрической схемы системы автоматизации в общем случае должны составляться перечни элементов.

Шкаф автоматизации питается от однофазной цепи переменного тока с напряжением 220 В. Для обеспечения электробезопасной работы оборудования в щит устанавливаются автоматические выключатели QF1. Блок бесперебойного питания EF UPS 1AC/24 DC-8 (G1) необходим для преобразования напряжения сети переменного тока 220 В в постоянное напряжение 24 В. Контроллер (A1) и вторичные измерительные разделительные преобразователи ET 422 (UY1-UY7), расположенные в шкафу, питаются через блоки бесперебойного питания 24 В.

Перечень элементов, находящихся в схеме, приведен на ФЮРА.421000.001.ПЭ4.

### 3.7 Разработка общего вида щита управления

В данной выпускной квалификационной работе для размещения средств автоматизации используется щит ЩШМ – 1 (1000x500) – IP32 ГОСТ 36.13 – 76. В верхней части щита на монтажной панели расположены программируемый логический контроллер ПЛК 160 и модули аналогового ввода/ вывода ТМА-301. В средней части щита расположены измерительные преобразователи UY1...UY7, также расположены источник бесперебойного питания EF UPS 1AC/24 DC-8, 200 Вт и модульный автоматический выключатель. В нижней части щита расположены блоки зажимов для подключения полевых кабелей.

Щит позволяет производить монтаж модульной аппаратуры, так и аппаратуры обычного исполнения. Корпус обладает степенью защиты IP32.

Чертеж общего вида шкафа управления поясняет принцип его работы,

показывает его конструкцию и как взаимодействуют его части. Общий вид шкафа представлен на листе ФЮРА.42100.016. ВО.

В шкафах систем автоматизации размещают средства контроля и управления технологическим процессом, контрольно-измерительные приборы, сигнальные устройства, аппаратуру управления, автоматического регулирования, защиты и блокировки линий связи между ними. Шкафы систем автоматизации устанавливают в производственных и специализированных помещениях: операторских, диспетчерских, аппаратных и т.д. Общие виды шкафов должны быть выполнены в объеме, позволяющем изготовить оборудование на специализированных заводах со всеми вырезами и креплениями, необходимыми для установки приборов, средств автоматизации и вводов проводок. Исходные материалы для проектирования общих видов: 1) функциональные схемы систем автоматизации; 2) принципиальные схемы электрические, пневматические автоматического регулирования, управления и сигнализации.

#### 4 Расчет параметров настройки ПИ-регулятора

В данной работе для получения кривой разгона была использована динамическая модель изменения температуры в трубопроводе, составленная на базе экспериментальных исследований, проведенных на реальном объекте.

Основной регулируемый параметр – температура в камере, в которой реализуются циклы заморозки / оттаивания топлива. В начальный момент времени температура в камере минус 15 °С, далее реализуется нагрев путем подачи питания на нагреватель, регулятор отключен. В результате работы нагревателя мы получаем кривую разгона. Для регулирования температуры будет использоваться ПИ-регулятор. По полученной кривой разгона проведена идентификация объекта.

Кривая разгона представлена на рисунке 4.1.

## 4.1 Идентификация объекта управления

Идентификация объекта управления предназначена для получения математической модели объекта управления. В инженерной практике применяют активную идентификацию. При активной идентификации на объект подаются заранее известные возмущающие воздействия, и регистрируется выходная величина.

По полученной кривой разгона необходимо определить динамические параметры объекта, такие как: постоянная времени; время запаздывания; коэффициент передачи.

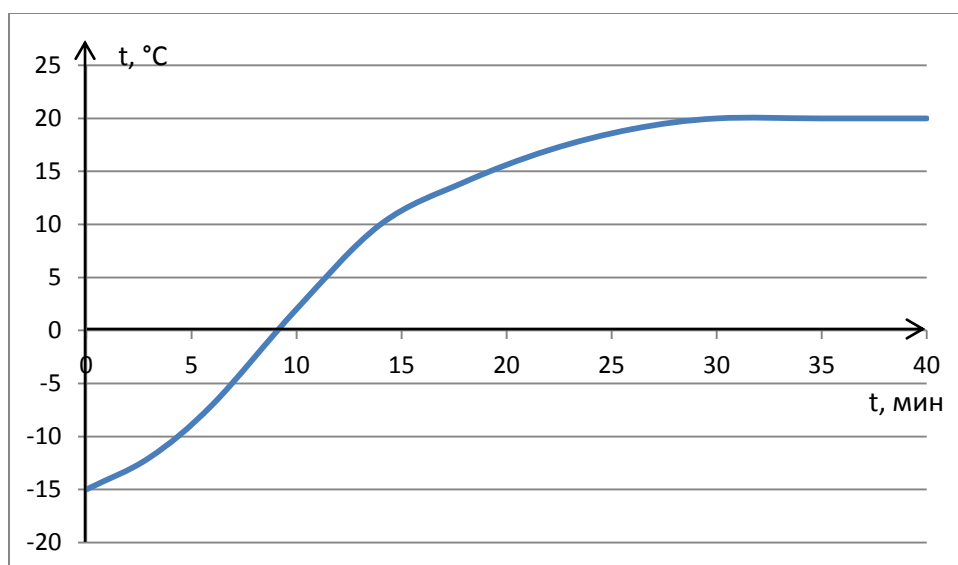


Рисунок 4.1 – Кривая разгона объекта управления

Передаточная функция для кривой представляет собой апериодическое звено с запаздыванием:

$$W(p) = \frac{k}{(Tp + 1)} e^{-p\tau}, \quad (4.1)$$

где  $k$  – коэффициент усиления,  $p$  – оператор Лапласа,  $\tau$  – время запаздывания,  $T$  – постоянная времени.

На графике кривой разгона проводится касательная в максимальной точке скорости изменения величины (рисунок 4.2).

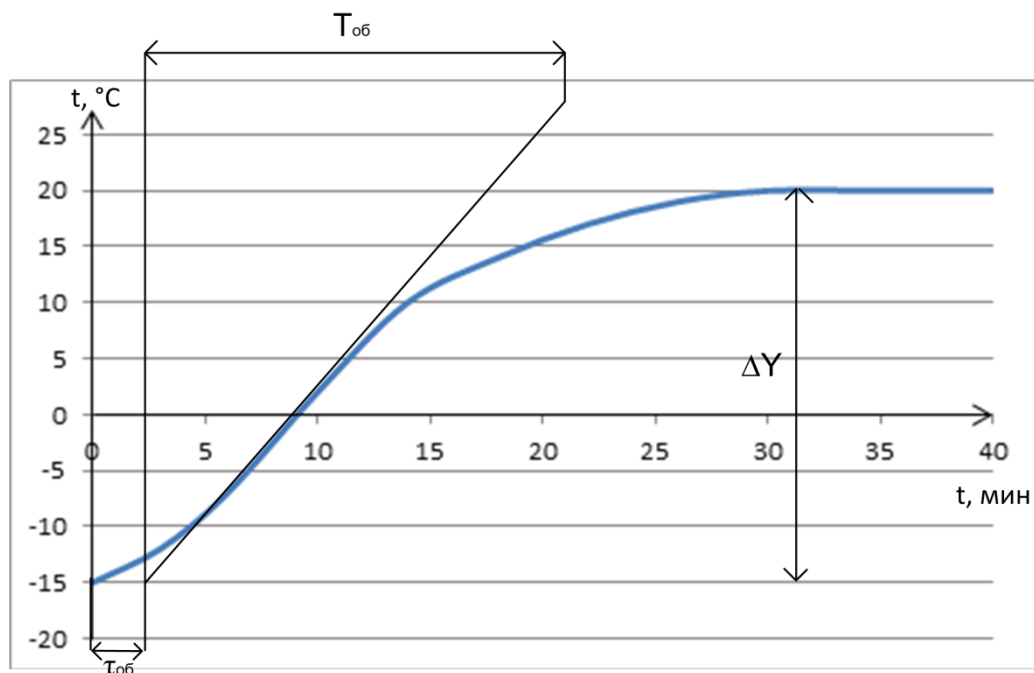


Рисунок 4.2 – Кривая разгона объекта управления

По графику определяются динамические параметры объекта:

- коэффициент усиления  $k = 35$ ;
- время запаздывания  $\tau = 120$  с;
- постоянная времени  $T = 1320$  с.

Тогда передаточная функция имеет вид:

$$W(p) = \frac{35}{(1320p + 1)} e^{-120p}.$$

#### 4.2 Расчёт и построение границы заданного запаса устойчивости АСР с ПИ-регулятором и объектом с передаточной функцией

Структурная схема системы регулирования представлена на рисунке 4.3.

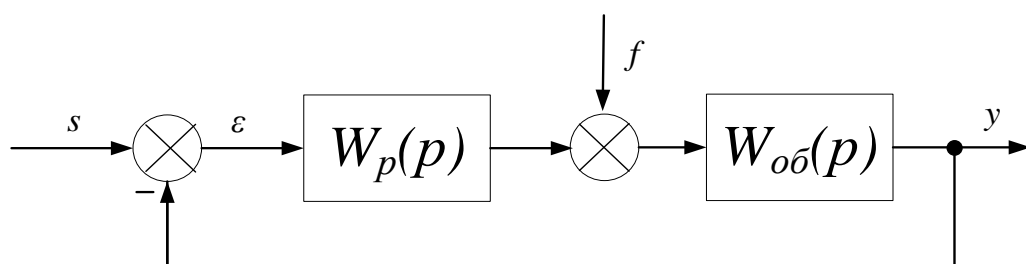


Рисунок 4.3 – Структурная схема системы регулирования

Для расчёта и построения границы заданного запаса устойчивости АСР

с ПИ-регулятором, представленной на рисунке 4.3, воспользуемся корневым методом параметрического синтеза систем автоматического регулирования с применением расширенных амплитудно-фазочастотных характеристик (РАФЧХ).

Расчет системы осуществляется для степени устойчивости равной  $\psi=0,95$ .

Зная зависимость между степенью затухания переходных процессов в заданной системе регулирования  $\psi$  и степенью колебательности  $m$ , можно определить значение заданной степени колебательности  $m$  по следующей формуле:

$$m = -\frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \ln(1 - \psi) = -\frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \ln(1 - 0,95) = 0,477. \quad (4.2)$$

Используя вычислительные программные средства, предварительно задав начальное значение частоты  $\omega = 0 \text{ с}^{-1}$  и шаг по частоте  $\Delta\omega = 0,005 \text{ с}^{-1}$ , рассчитываются расширенные частотные характеристики объекта при изменении частоты от 0 до  $0,1 \text{ с}^{-1}$ .

Расширенная вещественная частотная характеристика (РВЧХ):

$$\text{Re}_{o\delta}(m, \omega) = \text{Re}(W_{o\delta}(m, i\omega)).$$

Расширенная мнимая частотная характеристика (РМЧХ):

$$\text{Im}_{o\delta}(m, \omega) = \text{Im}(W_{o\delta}(m, i\omega)).$$

Расширенная амплитудно-частотная характеристика (РАЧХ):

$$A_{o\delta}(m, \omega) = \sqrt{\text{Re}_{o\delta}^2(m, \omega) + \text{Im}_{o\delta}^2(m, \omega)}.$$

Расширенная фазо-частотная характеристика (РФЧХ):

$$\varphi_{o\delta}(m, \omega) = \arctan\left(\frac{\text{Im}_{o\delta}(m, \omega)}{\text{Re}_{o\delta}(m, \omega)}\right).$$

Результаты расчётов представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Расширенные частотные характеристики объекта регулирования

Частота $\omega$ , $\text{с}^{-1}$	$\text{Re}_{00}(\text{m}, \omega)$	$\text{Im}_{00}(\text{m}, \omega)$	$A_{00}(\text{m}, \omega)$
0	35	0	35
0,005	25,6	-27,9	37,9
0,01	4,13	-26,7	27
0,015	-2,91	-19	19,3
0,02	-4,9	-14	14,8
0,025	-5,48	-10,7	12,1
0,03	-5,62	-8,56	10,2
0,035	-5,6	-6,99	8,96
0,04	-5,52	-5,81	8,01
0,045	-5,42	-4,87	7,28
0,05	-5,32	-4,1	6,71
0,055	-5,22	-3,45	6,25
0,06	-5,12	-2,89	5,88
0,065	-5,03	-2,4	5,57
0,07	-4,93	-1,96	5,31
0,075	-4,84	-1,56	5,08
0,08	-4,75	-1,19	4,89
0,085	-4,65	-0,851	4,73
0,09	-4,56	-0,533	4,59
0,095	-4,46	-0,235	4,47
0,100	-4,36	0,047	4,36

### 4.3 Определение оптимальных параметров настройки регулятора

Расчётные формулы корневого метода для ПИ-регулятора имеют следующий вид:

$$\frac{K_p}{T_u} = -\frac{\omega \cdot (m^2 + 1) \cdot \text{Im}_{o\bar{o}}(m, \omega)}{A_{o\bar{o}}^2(m, \omega)}, \quad (4.3)$$

$$K_p = -\frac{m \cdot \text{Im}_{o\bar{o}}(m, \omega) + \text{Re}_{o\bar{o}}(m, \omega)}{A_{o\bar{o}}^2(m, \omega)}, \quad (4.4)$$

где  $K_p$  – коэффициент передачи ПИ – регулятора,  $T_u$  – постоянная интегрирования ПИ – регулятора.

Зададим диапазон изменения частоты  $\omega = 0 \div 0,1 \text{ с}^{-1}$  с шагом  $\Delta\omega = 0,005 \text{ с}^{-1}$ , определим настройки регулятора  $\frac{K_p}{T_u}$  и  $K_p$  в заданном диапазоне частот.

Результаты расчётов сведём в таблицу 4.2

Таблица 4.2 – Результаты расчёта кривой заданного запаса устойчивости

частота $\omega, \text{с}^{-1}$	$K_p/T_u$	$K_p$
0	0	-0,0286
0,005	$0,119 \cdot 10^{-3}$	-0,00862
0,01	$0,449 \cdot 10^{-3}$	0,0118
0,015	$0,945 \cdot 10^{-3}$	0,0324
0,02	$0,157 \cdot 10^{-3}$	0,0528
0,025	$0,227 \cdot 10^{-3}$	0,0730
0,03	$0,301 \cdot 10^{-3}$	0,0925
0,035	$0,375 \cdot 10^{-3}$	0,111
0,04	$0,444 \cdot 10^{-3}$	0,129
0,045	$0,507 \cdot 10^{-3}$	0,146
0,05	$0,558 \cdot 10^{-3}$	0,161
0,055	$0,595 \cdot 10^{-3}$	0,175

Продолжение таблицы 4.2

0,06	$0,615 \cdot 10^{-3}$	0,188
0,065	$0,617 \cdot 10^{-3}$	0,199
0,07	$0,597 \cdot 10^{-3}$	0,208
0,075	$0,554 \cdot 10^{-3}$	0,216
0,08	$0,488 \cdot 10^{-3}$	0,222
0,085	$0,397 \cdot 10^{-3}$	0,226
0,09	$0,280 \cdot 10^{-3}$	0,228
0,095	$0,137 \cdot 10^{-3}$	0,229
0,100	$-0,303 \cdot 10^{-4}$	0,228

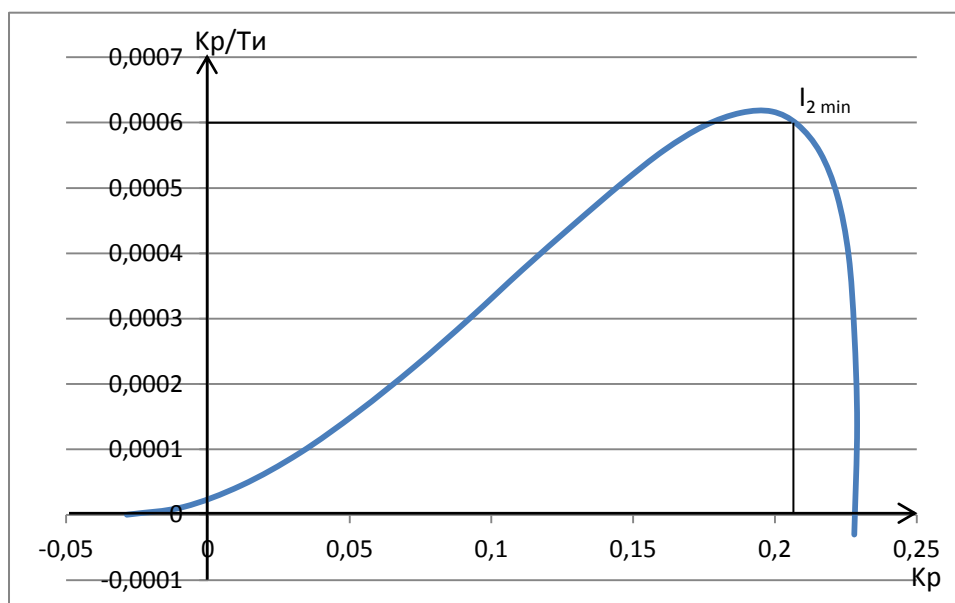


Рисунок 4.4 – Кривая заданного запаса устойчивости

Полученная кривая является линией заданной степени затухания  $\Psi = \Psi_{зад} = 0,95$  процесса регулирования, что соответствует степени колебательности  $m = 0,477$ . Таким образом, все значения  $\frac{K_p}{T_u}$  и  $K_p$ , лежащие на этой кривой, обеспечивают определенную степень затухания (в данном случае  $\Psi = \Psi_{зад} = 0,95$ ).



#### 4.4 Определение оптимальных параметров настройки ПИ – регулятора

Поиск оптимальных параметров настройки регулятора осуществляется вдоль границы заданного запаса устойчивости системы регулирования, представленной на рисунке 4.4, до достижения экстремума принятого критерия качества. В качестве принятого критерия качества указан второй интегральный критерий.

Для апериодических и колебательных переходных процессов целесообразно применять квадратичную интегральную оценку типа:

$$I_2 = \int_0^{\infty} x^2 dt$$

Минимуму данной интегральной оценки соответствует точка  $0,95 \cdot \max(K_p/T_u)$  на линии заданного запаса устойчивости в сторону большего значения частоты (правее максимума).

Используя данные таблицы 4.2 и рисунка 4.4, определяем значение  $\max\left(\frac{K_p}{T_u}\right) = 0,199$ , тогда получим следующие оптимальные параметры настройки ПИ – регулятора:

$0,95 \cdot \max\left(\frac{K_p}{T_u}\right) = 0,18905$ , из рисунка 4.4 определяем соответствующие параметры настройки:

$$K_p = 0,000617 \text{ и } \frac{K_p}{T_u} = 0,18905$$

Резонансная частота замкнутой системы  $\omega_{рез} = 0,065 \text{ с}^{-1}$ .

Определим постоянную интегрирования:

$$T_u = \frac{K_p}{\frac{K_p}{T_u}} = \frac{0,000617}{0,18905} = 0,0033 \text{ с.}$$

#### 4.5 Расчёт, построение и оценка качества переходных процессов в замкнутой АСР при возмущении $f$ , идущем по каналу возмущающего воздействия

#### 4.6 Переходный процесс в замкнутой АСР по каналу задающего воздействия

Передаточная функция имеет вид:

$$W_{s-y} = \frac{W_{об}(p) \cdot W_p(p)}{1 + W_{об}(p) \cdot W_p(p)},$$

где  $W_{об}(p)$  - передаточная функция объекта,  $W_p(p)$  - передаточная функция регулятора.

Используя программу MathCad, предварительно задав диапазон изменения частоты  $\omega = 0 \div 0,1 \text{ с}^{-1}$  с шагом  $\Delta\omega = 0,005 \text{ с}^{-1}$ , рассчитываем вещественную частотную характеристику замкнутой АСР по каналу задающего воздействия:  $\text{Re}_{з.с.}(\omega)$ . Результаты расчёта сведём в таблицу 4.3.

Таблица 4.3 – Результаты расчета ВЧХ замкнутой системы

частота $\omega, \text{с}^{-1}$	$\text{Re}_{з.с.}(\omega)$
0	1
0,005	1,07
0,01	-1,2
0,015	-0,483
0,02	-0,12
0,025	0,0360
0,03	0,105
0,035	0,129
0,04	0,122
0,045	0,0899
0,05	0,0369
0,055	-0,0265

Продолжение таблицы 4.3

0,06	-0,0783
0,065	-0,0940
0,07	-0,0695
0,075	-0,0246
0,08	0,0182
0,085	0,0468
0,09	0,0577
0,095	0,0513
0,100	0,0303

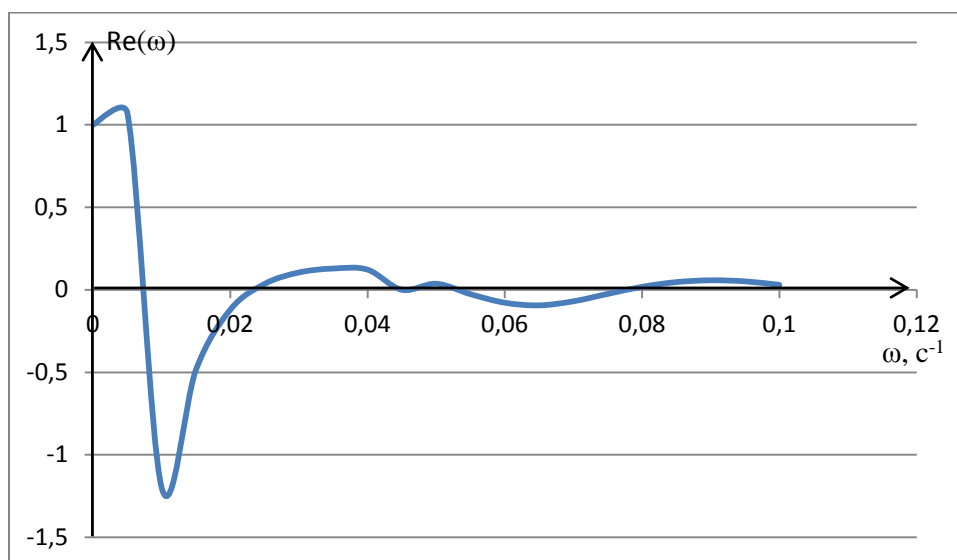


Рисунок 4.5 – График ВЧХ замкнутой системы

Переходный процесс по каналу задающего воздействия рассчитываем по формуле:

$$y(t) = \frac{2}{\pi} \cdot \int_0^1 \frac{Re_{з.с}(\omega)}{\omega} \cdot (\sin(\omega \cdot t)) \cdot d\omega,$$

где 0,1 частота среза, при которой график  $Re(\omega)$  стремится к 0, определяется эта частота из графика ВЧХ.

Задав диапазон изменения времени переходного процесса  $t=0 \div 2500$  с с шагом  $\Delta t = 125$  с, рассчитываем переходный процесс в замкнутой АСР. Результаты расчета представлены в таблице 4.4

Таблица 4.4 – Результаты расчёта переходного процесса в замкнутой АСР

время $t$ , с	температура $T$ , °C
0	-15
125	-14,0067
250	13,609
375	35,19
500	38,725
625	30,85
750	22,03
875	17,641
1000	17,55
1125	19,202
1250	20,49
1375	20,805
1500	20,49
1625	20,07
1750	19,867
1875	19,867
2000	19,937
2125	20,035
2250	20,035
2375	20,035
2500	20

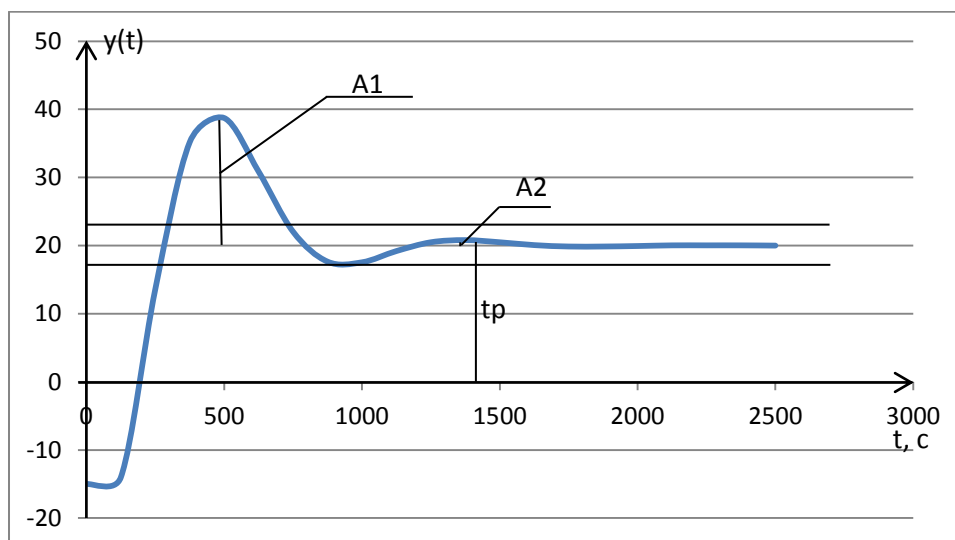


Рисунок 4.6 - Результат расчёта переходного процесса в замкнутой АСР по каналу задающего воздействия

#### 4.7 Оценка качества регулирования

Под качеством регулирования понимают совокупность показателей или критериев, позволяющих оценить характер отклонения регулируемой величины под действием изменяющихся возмущений и судить о том, насколько система удовлетворяет поставленным требованиям при заданных конкретных ограничениях.

Используя данные таблицы 4.4 и рисунка 4.6, произведём оценку качества переходного процесса в замкнутой АСР.

Прямые критерии качества:

1.Максимальная динамическая ошибка:  $A_1=18,725$ ;

2.Перерегулирование:  $\sigma = \frac{A_1}{y(\infty)} \cdot 100 \% = \frac{18,725}{20} \cdot 100 \% = 93,6 \%$ ,

где  $y(\infty)$  - уровень установившегося значения регулируемой величины при времени переходного процесса  $t$ ;

3.Степень затухания переходного процесса:  $\psi = 1 - \frac{A_2}{A_1} = 1 - \frac{0,805}{18,725} = 0,95$

где  $A_2 = 0,805$  - второй максимальный выброс регулируемой величины;

4. Статическая ошибка:  $\varepsilon_{CT} = S - y(\infty) = 20 - 20 = 0$

где  $S$  – сигнал задающего воздействия ;

5. Время регулирования:  $t_p = 1400$  с при величине  $\delta = 0,05 \cdot y(\infty) = 1,75$ .

#### 4.8 Переходный процесс при возмущении $f$ , идущем по каналу возмущающего воздействия

Для построения переходного процесса нужно составить передаточную функцию системы по каналу регулирующего воздействия и по программе Mathcad рассчитать ВЧХ системы.

$$W_{f-y}(p) = \frac{W_{об}(p)}{1 + W_{об}(p) \cdot W_p(p)},$$

Задав диапазон изменения частоты  $\omega = 0 \div 0,40$  с<sup>-1</sup> с шагом  $\Delta\omega = 0,008$  с<sup>-1</sup>, рассчитываем вещественную частотную характеристику замкнутой АСР:  $\text{Re}_{3.C}(\omega)$ . Результаты расчёта сведём в таблицу 4.5.

Таблица 4.5 – Результаты расчета ВЧХ системы

частота $\omega$ , с <sup>-1</sup>	$\text{Re}_{3.C}(\omega)$
0	0
0,005	6,63
0,01	-4,67
0,015	-2,48
0,02	-0,756
0,025	0,0541
0,03	0,438
0,035	0,588
0,04	0,581
0,045	0,445
0,05	0,202

Продолжение таблицы 4.5

0,055	-0,101
0,06	-0,357
0,065	-0,445
0,07	-0,339
0,075	-0,129
0,08	0,0754
0,085	0,216
0,09	0,272
0,095	0,247
0,100	0,15

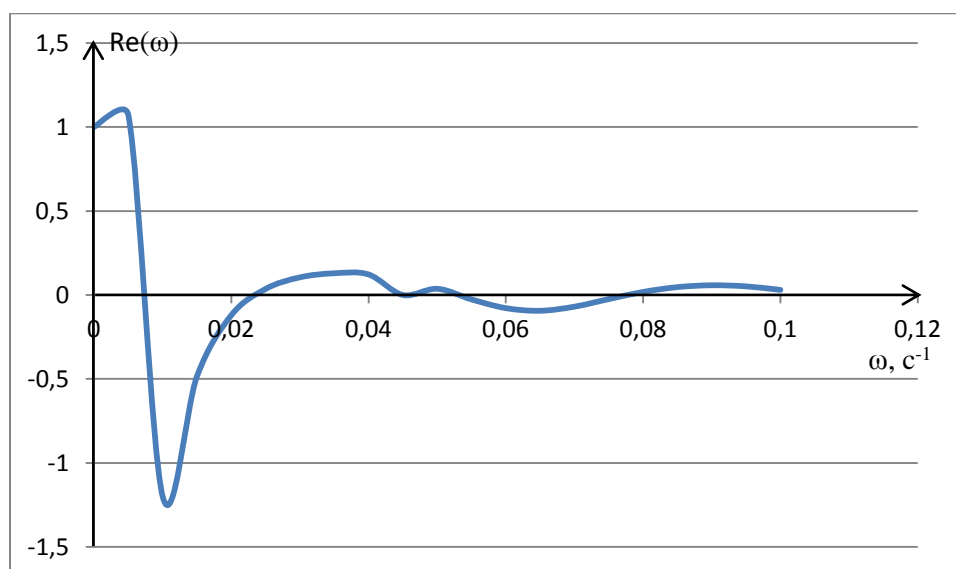


Рисунок 4.7 – График ВЧХ замкнутой системы

Переходный процесс по каналу возмущающего воздействия рассчитаем по формуле:

$$y(t) = \frac{2}{\pi} \cdot \int_0^{0,1} \frac{Re(\omega)}{\omega} \cdot (\sin(\omega \cdot t)) \cdot d\omega,$$

где 0,1 частота среза определяемая из графика ВЧХ изображенного на рисунке 4.7. Задав диапазон изменения времени переходного процесса  $t=0 \div 2500$  с с шагом  $\Delta t=125$  с, рассчитываем переходный процесс АСР по каналу регулирующего воздействия. Результаты представлены в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Результаты расчета переходного процесса АСР по каналу возмущающего воздействия

время t, с	температура T, °C
0	0
125	0,1338
250	3,276
375	4,726
500	3,684
625	1,681
750	0,1837
875	-0,3550
1000	-0,2510
1125	0,01209
1250	0,1543
1375	0,1423
1500	0,06254
1625	-0,002908
1750	-0,02544
1875	-0,01757
2000	-0,002410
2125	0,006170
2250	0,006456
2375	0,002864
2500	-0,0002910



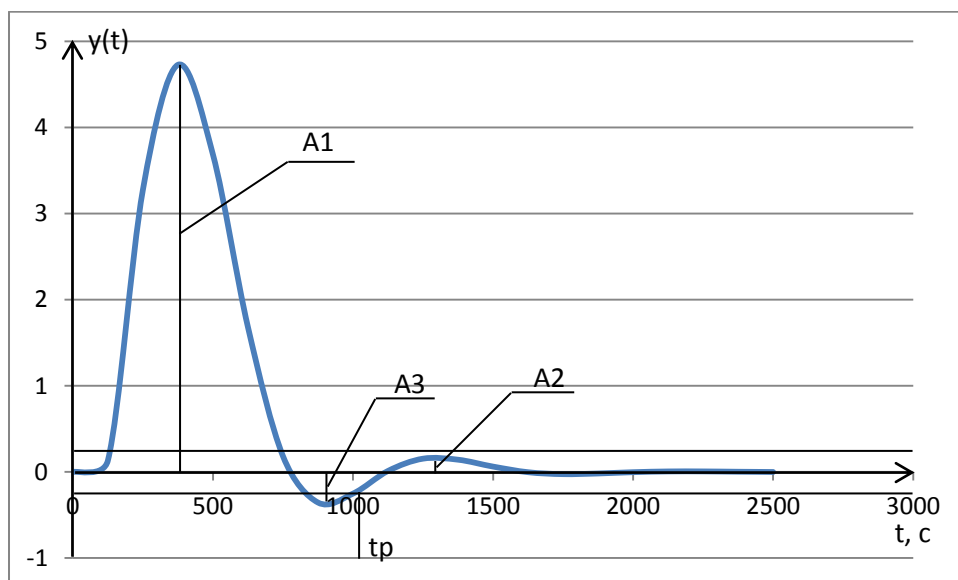


Рисунок 4.8 - График переходного процесса в АСР по каналу возмущающего воздействия

Используя данные таблицы 4.6 и рисунка 4.8, произведём оценку качества переходного процесса в замкнутой АСР по каналу возмущающего воздействия.

Прямые критерии качества:

1. Максимальная динамическая ошибка:  $A_1 = 4,726$ ;

2. Перерегулирование:  $\sigma = \frac{A_3}{A_1} \cdot 100 \% = \frac{0,355}{4,726} \cdot 100 \% = 7,5 \%$ ,

где  $A_3 = 0,355$  - первое минимальное отклонение регулируемой величины;

3. Динамический коэффициент регулирования  $R_d$ :

$$R_d = \frac{A_1 + y(\infty)}{K_{об}} \cdot 100 \% = \frac{0,355 + 0}{1} \cdot 100 \% = 35,5 \%,$$

где  $K_{об} = 1$  - коэффициент передачи объекта;

4. Степень затухания переходного процесса:  $\psi = 1 - \frac{A_2}{A_1} = 1 - \frac{0,1543}{4,726} = 0,97$ ,

где  $A_2 = 0,1543$  - второй максимальный выброс регулируемой величины;

5. Статическая ошибка:  $\varepsilon_{CT} = y(\infty) = 0$ ;

6. Время регулирования:  $t_p = 1005$  с при величине  $\delta = 0,05 \cdot K_{об} = 1,75$ .

## 5 Мнемосхема технологического процесса

Выбор структуры управления объектом автоматизации оказывает существенное влияние на эффективность его работы, стоимость системы регулирования, её надёжности и ремонтпригодности. Система автоматического регулирования может состоять из одного или нескольких уровней управления (одноуровневые и многоуровневые системы).

Полевой уровень включает в себя местные показывающие приборы, первичные средства измерения и датчики технологических параметров, исполнительные механизмы и органы местного управления. На нижнем уровне выполняется контроль технологических параметров с заданной точностью и периодичностью; преобразование измеренных параметров в унифицированные электрические сигналы; контроль состояния исполнительных механизмов и сигнализаторов технологических параметров; интерфейс с аппаратурой управления исполнительными механизмами.

К среднему уровню относятся щит управления, построенный на базе программируемых логических контроллеров (ПЛК), которые обеспечивают сбор информации, поступающей с датчиков технологических параметров и формирование команд на исполнительные механизмы, и содержащий вторичные средства измерения, выполняющие функции преобразования сигналов от датчиков нулевого уровня до контроллерного оборудования, а также искробезопасные барьеры и преобразователи. На среднем уровне выполняется сбор и первичная обработка технологической информации, поступающей от датчиков и измерительных преобразователей, а также информации по учету и контролю количества и сопутствующих параметров газа; автоматическое тестирование элементов местной автоматики и контроллеров блоков управления; передача информации на верхний уровень.

На верхнем уровне выполняется сбор и концентрация информации о ходе технологического процесса от контроллеров и станций нижнего уровня управления; составление оперативных сводок, отчетных и справочных

документов; внутренняя обработка и хранение информации, формирование базы данных; формирование и передача на нижний уровень управляющих воздействий по поддержанию заданных технологических режимов; диагностики работы технологического оборудования, технических и программных средств системы управления.

Структура управления – есть сумма всех частей автоматической системы, на которые она может быть поделена по какому-либо показателю. Также структура управления – это каналы передачи воздействий между частями автоматической системы. При этом эффективность работы объекта автоматизации, относительная стоимость, ремонтпригодность, а также надежность напрямую зависят от выбора структуры управления объектом автоматизации.

В рамках настоящей работы рассматривается система приготовления гелеобразного топлива. Система состоит из: хранилищ жидкого топлива, дистиллированной воды и поливинилового спирта. Также для реализации микроэмульгирования этих компонентов в единую композицию система включает в себя специальный бак со смешивающим устройством по типу вертикально приводной мешалки. Для того чтобы добиться определённого состояния топлива необходимо регулировать ряд параметров, таких как: температура смешивающихся компонентов, объёмное соотношение смеси эмульгаторов и объёмное соотношение компонентов, а также регулировать частоту оборотов смешивающего устройства.

Так как зона приготовления топлива является взрывоопасной необходимо принять меры безопасности. Все компоненты будут подаваться в определённом количестве через трубопроводы в смешивающий бак, который в свою очередь закреплён на подвижной платформе. После того как все компоненты находятся в смешивающем баке, бак перемещается на станцию, где расположена вертикальная система смешивания. Эмульсионное топливо лучше всего приготавливать небольшими порциями, так как при недостаточном перемешивании компонентов двухфазная жидкость

обретает нежелательные физические свойства, например, такое как высокую вязкость.

Объектом автоматизации в данном проекте является смешивающее устройство с вертикальным приводом от редуктора.

Внешний вид мнемосхемы приведен на рис 5.1

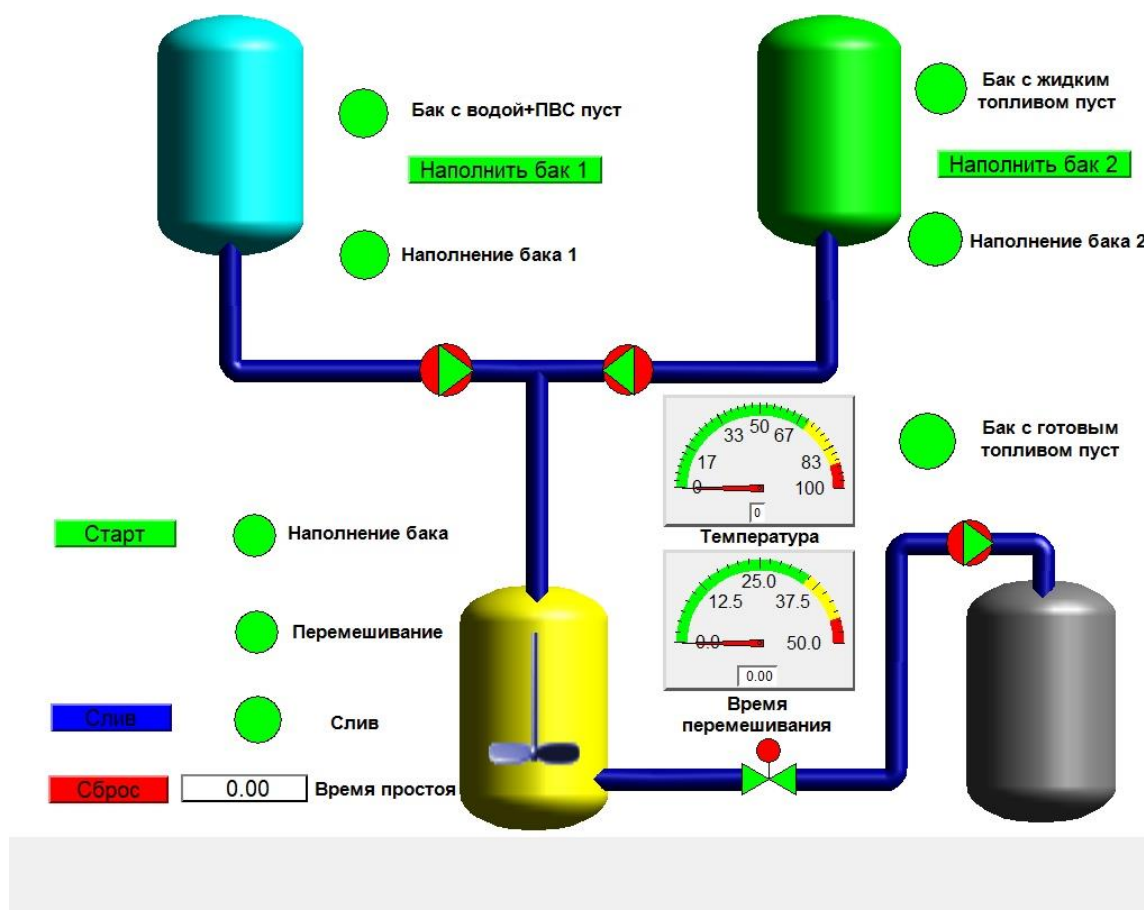


Рисунок 5.1 – Внешний вид мнемосхемы технологического процесса приготовления гелеобразного топлива

Управление процессом топливоприготовления осуществляется оператором. На щит оператора выведена сигнализация, отображающая этап процесса, а также сигнализирующая о выполнении какого-либо действия. Управление осуществляется путём нажатия кнопок. При нажатии на кнопку старт запускается алгоритм, который позволяет в определённых пропорциях заполнить емкость перемешивания 3 компонентами, а также включается сигнализация процесса наполнения бака перемешивания. После того как бак заполнится, включается механизм перемешивания, работающий в двух

режимах. Работа механизма перемешивания сопровождается соответствующей сигнализацией. 1 режим: если бак хранения пуст, то производится перемешивание в течение определённого промежутка времени и последующая перекачка готовой продукции в бак хранения. 2 режим: если бак хранения заполнен, перемешивающий механизм будет работать до тех пор, пока не освободится емкость хранения. И уже после этого будет осуществляться перекачка готового топлива. Опустошение бака хранения осуществляется путём нажатия кнопки слив. Процесс слива продукции из бака хранения сопровождается соответствующей сигнализацией. Баки с исходными компонентами имеют индикацию уровня, как и все баки, представленные на мнемосхеме. Данные емкости имеют сигнализацию опустошения. Если происходит опустошение одного из баков, загорается соответствующая лампа и вся технология останавливается. Наполнение баков с исходным веществом осуществляется путём нажатия соответствующей кнопки. Также в работе системы предусмотрена защита от случайного нажатия оператором на кнопки старта и слива, во время выполнения алгоритма заполнения.

# ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
5Б6В	Филиппову Евгению Викторовичу

Школа	ИШЭ	НОЦ	И.Н. Бутакова
Уровень образования	Бакалавриат	Направление	13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Тема ВКР:

Автоматическая система регулирования температуры гелеобразного топлива на стадии его приготовления.

## **Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:**

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость индустриального масла И-40А 53000 руб/м <sup>3</sup> , стоимость гелеобразного топлива 51 281 руб/м <sup>3</sup>
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Нормы амортизации – 40 %
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Ставки НДС и социального налога

## **Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	- Описание потенциальных потребителей; - Анализ конкурентных технических решений; - SWOT-анализ
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Планирование работ; Разработка графика Ганта.  Формирование бюджета затрат на научное исследование.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Описание потенциального эффекта

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	06.02.2020 г.
---	---------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Трубченко Татьяна Григорьевна	Доцент, к.э.н		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б6В	Филиппов Евгений Викторович		

Целью написания данного раздела является анализ финансово – экономических аспектов разработанной автоматической системы регулирования температуры гелеобразного топлива на стадии его приготовления.

Для выполнения данной задачи необходимо:

- 1) составить перечень работ и оценить время их выполнения;
- 2) составить смету затрат на проект;
- 3) составить смету затрат на оборудование и монтажные работы для реализации проекта;
- 4) определить экономическую эффективность проекта.

#### 6.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Объектом разработки является система автоматического регулирования температуры гелеобразного топлива на стадии его приготовления. Потенциальными потребителями системы регулирования температуры могут выступать промышленные предприятия (производство продуктов питания, химических веществ), объекты жилищно-коммунальной сферы (котельные), лаборатории. Сегментирование рынка проводится по сфере использования и по размеру компании-заказчика. Карта сегментирования приведена в таблице 6.1.1.

Таблица 6.1.1 – Карта сегментирования

		Сфера использования		
		Промышленные предприятия	Объекты ЖКХ	Лаборатории
Размер организации	Крупные			
	Средние			
	Мелкие			

В приведённой карте сегментирования показано, что для реализации разработки подходят мелкие предприятия пищевой и химической промышленности, объекты ЖКХ, мелкие и средние лаборатории. Для использования в более крупных организациях требуется внедрить в систему поддержку промышленных сетей и настроить взаимодействие со SCADA-системами.

## 6.2 Анализ конкурентных технических решений

На российском рынке в качестве производителей систем автоматического регулирования температуры выделяются компании «ОВЕН», «МЕТРАН».

Компания «ОВЕН» специализируется на изготовлении различного вида датчиков и контроллеров, в том числе и для САР температуры. Помимо поставок оборудования компания осуществляет разработку и внедрение проектов автоматизации на собственном оборудовании. Терморегуляторы компании «ОВЕН» способны производить автоматическую настройку параметров в зависимости от объекта автоматизации.

Челябинское производственное предприятие «МЕТРАН». Основные направления деятельности – регулирующие клапаны и регуляторы, распределенные системы управления, средства измерений давления, температуры, уровня, расхода; вычислители расхода, метрологическое оборудование и др.



Сравнительная таблица конкурирующих технических решений приведена в табл. 6.2.1.

Таблица 6.2.1 – Сравнение конкурирующих технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		1	2	3	1	2	3
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Удобство в эксплуатации	0,1	4	4	5	0,4	0,4	0,5
2. Надежность	0,2	4	3	4	0,8	0,6	0,8
3. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,25	4	4	5	1	1	1,25
4. Простота эксплуатации	0,05	4	3	4	0,2	0,15	0,2
5. Качество интеллектуального интерфейса	0,15	3	4	5	0,3	0,6	0,75
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Цена	0,15	4	2	4	0,6	0,3	0,6
2. Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	4	4	5	0,4	0,4	0,5
Итого	1	27	24	32	3,7	3,45	4,6

По результатам расчётов табл. 6.2.1 можно заключить, что разрабатываемая система конкурентоспособна на рынке. Разработка проигрывает аналогичным системам в удобстве: компании «ОВЕН» за счёт отсутствия возможности автоматической идентификации и настройке объекта; компании «Инсат» за счёт отсутствия взаимодействия со SCADA-системами на данном этапе разработки. К сильным сторонам можно отнести

точность измерения температуры, надёжность (за счёт предварительного моделирования и возможности применения сложных алгоритмов управления), а также цену разработки (экономия за счёт переноса управляющих функций ПЛК на программный пакет MATLAB).

### 6.3 SWOT-анализ

SWOT анализ – это метод оценки ситуации и будущих перспектив проекта, основная задача которого: определить сильные и слабые стороны, возможности и угрозы со стороны внешней окружающей среды. В силу того, что разработка системы автоматического регулирования температуры является лишь частным способом применения рассмотренного подхода, при SWOT-анализе рассматриваются сильные и слабые стороны, возможности и угрозы применительно к способу решения поставленной задачи. На основании анализа делаются вывод: правильно развивается проект, какие риски нужно предусмотреть, что следует делать, каковы перспективы проекта.

Итоговая матрица SWOT-анализа приведена в табл. 6.3.1.

Таблица 6.3.1 – Матрица SWOT-анализа

Сильные стороны	Возможности
1. Доступная стоимость 2. Высокая функциональность и надежность оборудования 3. Простота и удобство эксплуатации 4. Использование современных технологических решений 5. Безопасность	1. Повышение стоимости конкурентных разработок 2. Высокий спрос инвесторов к новым разработкам 3. Увеличение стоимости на электроэнергию
Слабые стороны	Угрозы
1. Сложность монтажа 2. Сложность оборудования 3. Низкая адаптивность системы	1. Повышение цен на компоненты системы 2. Усовершенствование конкурентных решений

По итогам SWOT-анализа видно, что возможности и сильные стороны способствуют развитию спроса

## 6.4 Планирование научно – исследовательской работы

### 6.4.1 Структура работ

При организации процесса реализации проекта необходимо планировать занятость каждого из участников и сроки проведения работ. Для оценки времени выполнения проекта необходимо составить перечень всех выполняемых работ и время, затраченное на их выполнение. Для этого был

создан перечень работ и отдельных этапов в рамках разработки проекта, а также приведены исполнители по каждому виду работ, а также их загруженность.

Таблица 6.4.1.1 – Структура работ

Наименование работ	Исполнители	Загрузка исполнителей
Постановка целей и задач, получение исходных данных	Научный руководитель	100%
Анализ литературы	Инженер	100%
	Научный руководитель	30%
Наименование работ	Исполнители	Загрузка исполнителей
Проведение экспериментальных исследований	Инженер	100%
Анализ результатов исследования	Инженер	100%
	Научный руководитель	50%
Разработка схмотехнической документации, подбор оборудования	Инженер	100%
	Научный руководитель	10%
Проектирование мнемосхемы	Инженер	100%
	Научный руководитель	10%
Оформление пояснительной записки ВКР	Инженер	100%

Продолжение таблицы 6.4.1.1

Подведение итогов	Инженер	100%
	Научный руководитель	80%

## 6.4.2 Проведения научно-технического исследования

Ожидаемая продолжительность работ оценивается с помощью опытно-статистического метода. Для расчета ожидаемой продолжительности работ воспользуемся экспертным способом, для этого воспользуемся следующей формулой:

$$t_{\text{ож}} = \frac{3t_{\text{min}} + 2t_{\text{max}}}{5}, \quad (1)$$

где  $t_{\text{min}}$  – минимальное значение продолжительности работ, дн.;

$t_{\text{max}}$  – максимальное значение продолжительности работ, дн.;

Для построения линейного графика проведения работ необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести ее в календарные дни. Расчет длительности в рабочих днях ведется по формуле:

$$T_{\text{рд}} = \frac{t_{\text{ож}}}{K_{\text{вн}}} \cdot K_{\text{д}} \quad (2)$$

где  $t_{\text{ож}}$  – вероятное (ожидаемое) значение продолжительности работ, дн.;

$K_{\text{вн}}$  – коэффициент выполнения работ, учитывающих влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей, в частности, принимаем равным 1;

$K_{\text{д}}$  – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных издержек и согласование работ, принимаем равным 1;

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_{\text{кд}} = T_{\text{рд}} \cdot T_{\text{к}}, \quad (3)$$

где  $T_{\text{к}}$  – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях, и рассчитываемый по

формуле:

$$T_k = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вд}} - T_{\text{пд}}} \quad (4)$$

где  $T_{\text{кал}}$  – календарные дни (365);

$T_{\text{вд}}$  – выходные дни (52);

$T_{\text{пд}}$  – праздничные дни (10).

$$T_k = \frac{365}{365 - 52 - 10} = 1,205 \quad (5)$$

По данным таблицы 6.4.1.1 составлена продолжительность этапов работ и их трудоемкость по исполнителям, занятым на каждом этапе (таблица 6.4.2.1). Также построен линейный график осуществления проекта (таблица 6.4.2.2).

Таблица 6.4.2.1 – Расчет трудозатрат на выполнение работ

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям, чел.- дн.			
					$T_{рд}$		$T_{кд}$	
		$t_{min}$	$t_{max}$	$t_{ож}$	НР	И	НР	И
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	1	2	1,4	1,4	–	1,69	–
Анализ литературы	НР, И	3	6	5,4	1,62	5,4	1,95	6,51
Проведение экспериментальных исследований	НР, И	25	35	29	–	29	–	34,95
Анализ результатов исследования	НР, И	6	9	7,2	3,6	7,2	4,34	8,68
Разработка схемотехнической документации, выбор оборудования	НР, И	14	21	16,8	1,68	16,8	2,02	20,24
Проектирование мнемосхемы проекта	НР, И	8	12	9,6	0,96	9,6	1,16	11,57
Оформление пояснительной записки ВКР	НР, И	8	12	9,6	–	9,6	–	11,57
Подведение итогов	И	5	7	5,8	4,64	5,8	5,59	6,99
<b>Итого:</b>				<b>84,8</b>	<b>13,9</b>	<b>83,4</b>	<b>16,75</b>	<b>100,51</b>

Таблица 6.4.2.2 – Диаграмма Ганта

Этап	НР	И	Март					Апрель					Май					Июнь					
				0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	100	105		
1	1,69	–																					
2	1,95	6,51	<div><div></div><div></div></div>																				
3	–	34,95	<div><div></div><div></div></div>																				
4	4,34	8,38	<div><div></div><div></div></div>																				
5	2,02	20,24	<div><div></div><div></div></div>																				
6	1,16	11,57	<div><div></div><div></div></div>																				
7	–	11,57	<div><div></div><div></div></div>																				
8	5,59	6,99	<div><div></div><div></div></div>																				

НР – ; И – 



## 6.5 Бюджет научно-технического исследования

Планирование бюджета позволяет оценить затраты на проведение исследования до его фактического начала и позволяет судить об экономической эффективности работы. В данном разделе подсчитываются следующие статьи расходов:

- материальные затраты;
- амортизационные отчисления;
- заработная плата исполнителей;
- отчисления во внебюджетные фонды;
- накладные расходы.

### 6.5.1 Расчет материальных затрат

Под материальными затратами понимается величина денежных средств, потраченных на материалы, расходуемые непосредственно в процессе выполнения работ. Сюда же включаются расходы на совершение сделки купли-продажи. Приблизительно они оцениваются в процентах к отпускной цене закупаемых материалов (5 ÷ 20 %).

Таблица 6.5.1.1 – Материальный затраты

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Кол-во	Сумма, руб.
Бумага для принтера формата А4 500 листов	219	1 уп.	219
Картридж для принтера	1550	1 шт.	1550
Масло промышленное	53	10 л.	530
<b>Итого:</b>			<b>2299</b>

Допустим, что ТЗР составляют 7 % от отпускной цены материалов, тогда расходы на материалы с учетом ТХР равны  $C_{\text{мат}} = 2299 \cdot 1,07 =$

2459,96 руб.

### 6.5.2 Расчет затрат на заработную плату

Заработная плата – это вознаграждение за труд в зависимости от квалификации работника, сложности, количества, качества и условий выполняемой работы, а также выплаты компенсационного и стимулирующего характера. Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и инженера. Расчет основной заработной платы выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя.

Среднедневная тарифная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{\text{дн-т}} = MO/25,083, \quad (6)$$

учитывающей, что в году 301 рабочий день и, следовательно, в месяце в среднем 25,083 рабочих дня (при шестидневной рабочей неделе).

Для учета в составе премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используется следующий ряд коэффициентов:  $K_{\text{пр}} = 1,1$ ;  $K_{\text{доп.зп}} = 1,188$ ;  $K_{\text{р}} = 1,3$ . Таким образом, для перехода от тарифной (базовой) суммы заработка исполнителя, связанной с участием в проекте, к соответствующему полному заработку (зарплатной части сметы) необходимо первую умножить на интегральный коэффициент  $K_{\text{и}} = 1,1 \cdot 1,188 \cdot 1,3 = 1,699$  (при шестидневной рабочей неделе).

Таблица 6.5.2.1 – Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес	Среднедневная ставка, руб./раб.день	Затраты времени, раб.дд	Коэффициент	Фонд з/платы, руб
НР	49664	1980	14	1,699	47096,28
И	9489	378,3	84	1,699	53898,46
<b>Итого:</b>					<b>100994,74</b>

### 6.5.3 Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30 % от полной заработной платы по проекту, в нашем случае:  $C_{\text{соц}} = C_{\text{зп}} \cdot 0,3 = 100994,74 \cdot 0,3 = 30298,42$  руб.

### 6.5.4 Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле:

$$C_{\text{эл.об}} = P_{\text{об}} \cdot t_{\text{об}} \cdot C_{\text{э}}, \quad (7)$$

где  $P_{\text{об}}$  – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$C_{\text{э}}$  – тариф на 1 кВт·час;

$t_{\text{об}}$  – время работы оборудования, час.

Для ТПУ  $C_{\text{э}} = 5,748$  руб/кВт·час (с НДС).

Время работы оборудования вычисляется из расчета, что продолжительность рабочего дня инженера составляет 8 часов.

$$t_{\text{об}} = T_{\text{рд}} \cdot K_t, \quad (8)$$

где  $K_t \leq 1$  – коэффициент использования оборудования по времени.

В ряде случаев возможно определение  $t_{об}$  путем прямого учета, особенно при ограниченном использовании соответствующего оборудования.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{об} = P_{ном} \cdot K_c, \quad (9)$$

где  $P_{ном}$  – номинальная мощность оборудования, кВт;

$K_c \leq 1$  – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности. Для технологического оборудования малой мощности равен 1.

Таблица 6.5.4.1 – Расчет затрат на технологическую электроэнергию

Наименование оборудования	Время работы оборудования, час	Потребляемая мощность, кВт	Затраты, руб.
Персональный компьютер	667·0,8	0,5	3067,13
Лазерный принтер	20	0,1	34,5
Магнитная мешалка	90	0,6	310,4
Криостат	90	2,5	1293,3
<b>Итого:</b>			<b>4705,3</b>

#### 6.5.5 Расчет амортизационных расходов

В данном разделе рассчитывается амортизация используемого оборудования за время выполнения проекта. Используется формула:

$$C_{ам} = \frac{H_a \cdot C_{об} \cdot t_{рф} \cdot n}{F_d} \quad (10)$$

где  $H_a$  – годовая норма амортизации единицы оборудования;

$C_{об}$  – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР;

$F_d$  – действительный годовой фонд времени работы соответствующего

оборудования (для шестидневной рабочей недели 2408 часов);

$n$  – число задействованных однотипных единиц оборудования.

Стоимость персонального компьютера составляет 50000 руб., время использования 534 часа, годовая норма амортизации оборудования 40 %, тогда амортизационные отчисления составляют:

$$C_{\text{ам.пк}} = \frac{0,4 \cdot 50000 \cdot 534}{2408} = 4435.22 \text{ руб}$$

Стоимость лазерного принтера составляет 20000 руб., время использования 60 часов, годовая норма амортизации оборудования 50 %, тогда амортизационные отчисления составляют:

$$C_{\text{ам.лп}} = \frac{0,5 \cdot 20000 \cdot 60}{2408} = 249.17 \text{ руб}$$

Итого начислено амортизации 4684,39 руб.

#### 6.5.6 Расчет прочих расходов

Прочие затраты принимаются как 10 % от суммы материальных затрат от суммы всех предыдущих расходов:

$$C_{\text{проч}} = (C_{\text{мат}} + C_{\text{зп}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{эл.об}} + C_{\text{ам}}) \cdot 0,1, \quad (10)$$

В данном случае:

$$C_{\text{проч}} = (2459,96 + 100994,74 + 30298,42 + 7056,25 + 4684,39) \cdot 0,1 = 14549,38 \text{ руб.}$$

### 6.5.7 Расчет общей себестоимости разработки

Таблица 6.5.7.1 – Бюджет НТИ

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	2459,96
Основная заработная плата	$C_{\text{зп}}$	100994,74
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	30298,42
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{эл.}}$	7056,25
Амортизационные отчисления	$C_{\text{ам}}$	4684,39
Прочие расходы	$C_{\text{проч}}$	14549,38
<b>Итого:</b>		<b>160043,14</b>

Таким образом, затраты на разработку  $C = 160043,14$  руб.

### 6.5.8 Расчет прибыли

Поскольку мы не располагаем данными для применения сложных методов расчета прибыли примем её в размере 20 % от полной стоимости проекта: 32008,63 руб.

### 6.5.9 Расчет НДС

НДС составляет 20% от суммы затрат на разработку и прибыли. В нашем случае это  $(160043,14 + 32008,63) \cdot 0,2 = 38410,35$  руб.

#### 6.5.9.1 Цена разработки проекта

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС, в нашем случае цена составляет  $C = 160043,14 + 32008,63 + 38410,35 = 23062,12$

руб.

#### 6.6 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Актуальным аспектом выполненного проекта является экономическая эффективность его реализации, т.е. соотношение обусловленного ей экономического результата (эффекта) и затрат на разработку проекта.

Поскольку данная работа в первую очередь носит исследовательский характер, поэтому в данном случае возможно использование только относительных оценок.

Использование гелеобразного топлива позволяет снизить расход индустриального масла на 20 %. Исходя из этого можно сделать вывод, что при пересчете на 1 литр сжигаемого топлива получаем следующий экономический эффект, который определяется по формуле:

$$\mathcal{E} = I_{\text{д.т.}} - I_{\text{э.т.}}$$

где  $I_{\text{д.т.}}$  – издержки производства при использовании индустриального масла;

$I_{\text{э.т.}}$  – издержки производства при использовании гелеобразного топлива.

Цена одного литра индустриального масла с учетом ТЗР составляет 55 руб., следовательно, стоимость эквивалентного количества гелеобразного топлива составляет 53 руб., таким образом, предполагаемый экономический эффект при производстве соответствующего количества тепловой энергии:

$$\mathcal{E} = 55 - 53 = 2 \text{руб.}$$

Данная оценка носит лишь приблизительный характер, для более точной оценки экономического эффекта требуется проведение дополнительных исследований на реальных энергетических установках.

## 6.7 Выводы по разделу

В ходе выполнения данного раздела оценены экономические аспекты исследуемого подхода к построению системы автоматического регулирования температуры:

1. Выявлены потенциальные потребители результатов исследования. Разработка может быть применена на небольших предприятиях пищевой, химической промышленности, объектах ЖКХ, а также в лабораториях (см. подраздел 6.1.1).

2. Проведён анализ конкурентных технических решений. Выявлено два конкурента: компания «ОВЕН» и Челябинское производственное предприятие «МЕТРАН». Разрабатываемая система на текущем этапе уступает конкурентам по удобству использования (см. подраздел 6.2), однако выигрывает за счёт применения программного пакета MATLAB, позволяя применять математическое моделирование и сложные алгоритмы управления в совокупности со сравнительно дешёвым ПЛК.

3. В ходе SWOT-анализа основными угрозами обозначены: рост спроса на адаптивные и интеллектуальные системы; повышенные требования к безопасности; оптимизация затрат на предприятии. Возможные пути снижения влияния выявленных угроз представлены в подразделе 6.3.

4. Был произведен подсчет затрат на разработку, исходя из этого можно сформировать вывод о том, что основной статьей расходов является расходы на заработную плату – 100994,74 руб. (60%), на втором месте расходы на соц. Нужды – 30298,42 руб (17%), Затем идут накладные расходы – 16627 руб (9%), прочие расходы – 14549,38 руб. (8%). расходы на электроэнергию – 4705,3 руб.(2%). Меньше всего средств уходит на амортизацию оборудования – 4684,39 руб. и материальные затраты – 2299 руб.(4). Общий бюджет разработки составил 160043,14 руб.



5. В заключительной части была рассчитана экономическая эффективность внедряемой разработки.

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
5Б6В	Филиппову Евгению Викторовичу

<b>Школа</b>		<b>Отделение (НОЦ)</b>	
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Тема ВКР:

<b>Автоматическая система регулирования температуры гелеобразного топлива на стадии его приготовления</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования	Создание автоматической системы регулирования температуры гелеобразного топлива на стадии его приготовления
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	- ФЗ №181 «Об основах охраны труда в РФ Конституция РФ -ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования. - Конституция РФ
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	-Повышенный уровень шума -Отклонение показателей микроклимата Повышенный уровень электромагнитных излучений - Поражение электрическим током - Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов - Движущиеся части машин и механизмов
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	– Влияние рассматриваемого объекта исследования на атмосферу и гидросферу, методы минимизации ущерба окружающей среде
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	- Короткое замыкание -Самовозгорание -Не соблюдение техники безопасности -Перегрузка сетей, которая ведет

	сильный нагрев токоведущих элементов и загорание изоляции
--	---

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	06.02.2020 г.
--	---------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Немцова Ольга Александровна			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б6В	Филиппов Евгений Викторович		

## 7 Социальная ответственность

Промышленные объекты, задачей которых является производство топлива представляют опасность для окружающей среды, так же, как и любые другие объекты химической и нефтегазовой промышленности. Опасным фактором таких производств являются взрывоопасные компоненты, используемые для производства продукции. Так же немаловажным фактором является токсичность химических компонентов. Поэтому в помещении, где хранятся и смешиваются компоненты топливных микроэмульсий необходима вентиляция. Для защиты от воздействия химических компонентов, при проведении профилактических работ, необходима специализированная одежда. Из-за работы насосов и смешивающей установки в производственном помещении создаётся шум, что также негативно влияет на организм человека и окружающую среду.

### 7.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Основой правового законодательства является Конституция, т. е, законы и правовые акты, принимаемые в РФ, не должны противоречить ей.

Существуют принятые нормы в области охраны труда:

- 1) на первом месте жизнь и здоровье работника, а потом уже результат производственной деятельности предприятия;
- 2) единые нормативные требования по охране труда;
- 3) защита интересов работников, пострадавших в результате несчастных случаев на производстве.

Действующим нормативом по охране труда является ГОСТ 12.0.004 - 2015.

### 7.1.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства

Охрана труда – система сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая в себя правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия.

Условия труда – совокупность факторов производственной среды и трудового процесса, оказывающих влияние на работоспособность и здоровье работника.

Рабочее место – место, где работник должен находиться или куда ему необходимо прибыть в связи с его работой и которое прямо или косвенно находится под контролем работодателя. Средства индивидуальной и коллективной защиты работников – технические средства, используемые для предотвращения или уменьшения воздействия на работников вредных и (или) опасных производственных факторов, а также для защиты от загрязнения.

Требования охраны труда – государственные нормативные требования охраны труда, в том числе стандарты безопасности труда, а также требования охраны труда, установленные правилами и инструкциями по охране труда (часть десятая введена Федеральным законом от 30.06.2006 N 90-ФЗ) (в ред. Федерального закона от 24.07.2009 N 206-ФЗ).

Профессиональный риск – вероятность причинения вреда здоровью в результате воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов при исполнении работником обязанностей по трудовому договору или в иных случаях, установленных настоящим кодексом, другими федеральными законами. Порядок оценки уровня профессионального риска устанавливается федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке

государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере труда с учетом мнения Российской трехсторонней комиссии по регулированию социально-трудовых отношений (часть четырнадцатая введена Федеральным законом от 18.07.2011 N 238-ФЗ).

Также необходимо соблюдать временной режим работы персонала при проведении экспериментов. Время проведения экспериментов не должно превышать 4 часов. В противном случае возможно снижение внимательности и работоспособности персонала.

#### 7.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Основным объектом в производственных условиях является рабочее место, представляющее собой в общем случае пространство, в котором может находиться человек при выполнении производственного процесса.

Выполняя планировку рабочего места, необходимо учитывать следующее:

- 1) проход слева, справа и спереди от стола должен составлять 500 мм;
- 2) расположение экрана монитора должно быть от глаз пользователя на расстоянии 600-700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно - цифровых знаков и символов;
- 3) окраска дизайна ПЭВМ должна быть выполнена в спокойных мягких тонах;
- 4) корпус ПЭВМ, клавиатура и другие блоки и устройства ПЭВМ должны обладать матовой поверхностью и не иметь блестящих деталей, которые могут создавать блики;
- 5) конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования с учетом его количества и конструктивных особенностей, характера

выполняемой работы;

б) все электрооборудование необходимо размещать на оптимальном расстоянии от мест, в которых возможен прямой контакт оборудования с водой (раковины, открытые емкости с водой).

## 7.2 Производственная безопасность.

### 7.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования

Таблица 7.1 – Опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работы			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1. Повышенный уровень шума		+	+	Шумы – СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [14] Микроклимат – СанПиН 2.2.4.548 – 96 [15] Электромагнитное излучение - СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [16] Электробезопасность – ГОСТ 12.1.038-82 [17] Защита от тепловых воздействий ГОСТ Р 30331.4-95 [18]
2. Отклонение параметров микроклимата	+	+	+	
3. Повышенный уровень электромагнитных излучений	+	+	+	
4. Поражение электрическим током	+	+	+	
5. Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	+	+	+	
6. Движущиеся части машин и механизмов	+	+	+	

Проведение экспериментальных исследований подразумевало работу с легковоспламеняющимися веществами, в частности масло промышленное И-40А. Марки масла промышленного классифицируют в

соответствии с ГОСТ 20799-88.

Масло как типичный нефтепродукт при длительном и частом воздействии на кожный покров может привести к кожным заболеваниям. Попадая через кожный покров в организм человека масло способно вызывать отравления. Пары нефтепродуктов также оказывают на человека раздражающее и наркотическое действие. При больших концентрациях паров возможны потери сознания, а также нарушения сердечной деятельности.

Используемые в ходе проведения экспериментов жидкости являются легко воспламеняемыми. Пары гелеобразного топлива под действием источника зажигания способны вспыхивать при температуре 51 °С, поэтому при проведении экспериментов в обязательном порядке следует соблюдать правила пожарной безопасности

### 7.2.2 Отклонение параметров микроклимата

Находясь на рабочем месте в производственном помещении человек подвержен влиянию определённых метеоусловий, или микроклимату рабочих помещений. Окружающая среда влияет на тепловое состояние организма. Основными параметрами производственного микроклимата являются действующими на организм человека температура влажность и скорость движения воздуха, а также температура окружающих поверхностей.

Работа на ПК в офисном помещении относится к классу легких работ с энергозатратами 150 ккал/час. Для данного типа работ допустимые величины микроклимата должны обеспечиваться при следующих условиях:

- перепад температуры воздуха по высоте должен быть не более 3 °С;
- перепад температуры воздуха по горизонтали, а также ее



изменения в течение смены не должны превышать 4 °С.

Согласно СанПиН 2.2.4.548-96 оптимальные параметры микроклимата должны соответствовать данным таблицы 7.2:

Таблица 7.2 – Оптимальные параметры микроклимата на рабочем месте

Период года	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодное	21-23	60-40	< 0,1
Теплое	22-24	60-40	< 0,1

В таблице 7.3 приведены допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах.

Таблица 7.3 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С		Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		ниже оптимальных величин	выше оптимальных величин		ниже оптимальных величин, не более	выше оптимальных величин, не более**
Холодный	Іб (140 – 174)	19,0 – 20,9	23,1 – 24,0	15 - 75	0,1	0,2
Теплый	Іб (140 – 174)	20,0 – 21,9	24,1 – 28,0	15 - 75 *	0,1	0,3

\* При температурах воздуха 25° С и выше максимальные величины относительной влажности воздуха должны приниматься в соответствии со специальными требованиями

\*\* При температурах воздуха 26 - 28° С скорость движения воздуха в теплый период года должна приниматься в соответствии со специальными требованиями

Для поддержания соответствующих микроклиматических параметров на рабочем месте используются системы вентиляции и отопления.

Вредным веществом, содержащимся в воздухе, является углекислый газ,  $\text{CO}_2$ . Предельная норма содержания  $\text{CO}_2$  в воздухе, согласно ГОСТ 12.1.005- 88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» составляют  $20 \text{ мг/м}^3$ . Проблему уменьшения содержания  $\text{CO}_2$  в воздухе также можно решить с помощью системы кондиционирования.

### 7.2.3 Повышенный уровень электромагнитных излучений

Электрическое оборудование, располагающееся в производственном помещении, является источников электромагнитных полей.

ЭМИ (электромагнитное излучение) оказывает негативное влияние на нервную, эндокринную и сердечно-сосудистую систему. Длительное нахождение в его зоне вызывает головные боли, бессонницу, стресс.

Степень воздействия ЭМИ на организм человека зависит от напряжения, которое проходит через окружающее оборудование. Чем выше напряжение, тем сильнее воздействие электромагнитных волн. В таблице 3 показаны предельно допустимые нормы.

Таблица 7.4 – Предельно допустимые нормы ЭМИ для производственных помещений

Диапазоны частот	Предельно допустимая энергетическая экспозиция		
	По электрической составляющей, (В/м) <sup>2</sup> *ч	По магнитной составляющей, (А/м) <sup>2</sup> *ч	По плотности потока энергии (мкВт/см <sup>2</sup> )*ч
300 кГц – 3МГц	20000,0	200,0	
3-30 МГц	7000,0	Не разработаны	-
30-50 МГц	800,0	0,72	-
50-300 МГц	800,0	Не разработаны	-
300 МГц -300 ГГц	-	-	200,0

На предприятиях эффективным средством защиты от ЭМИ является снижение времени нахождения вблизи источника, это достигается нормированным рабочим графиком и обязательными перерывами в течение рабочего дня. Также персонал во время работы обеспечен специальной одеждой, или работа производится с помощью экранизирующих устройств.

#### 7.2.4 Повышенный уровень шума

Одним из методов уменьшения воздействия шума в лаборатории является снижение или ослабление шума в его источниках – генераторы, нагреватели, нагнетатели, трансформаторы, вентиляторы, компрессоры.

Своевременное устранение этих причин позволяет снизить уровень шума. В качестве индивидуальных средств защиты от шума могут использоваться специальные наушники, вкладыши в ушную раковину, противозумные каски, защитное действие которых основано на изоляции и поглощения шума.

Таблица 7.5 – Допустимые уровни шума (ГОСТ 12.1.003-2014)

Рабочие места	Уровни звукового давления (дБ) в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								Уровни звука и эквивалентные уровни звука, по дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
ОРУ	99	92	86	83	80	78	76	74	85

### 7.2.5 Поражение электрическим током

В помещении с большим количеством аппаратуры, использующей однофазный электрический ток, промышленной частоты напряжением 220 В, есть вероятность электропоражения.

Во время нормального режима работы оборудования опасность электропоражения крайне мала, однако, возможны аварийные режимы работы, когда происходит случайное электрическое соединение частей оборудования, находящегося под напряжением с заземленными конструкциями.

Поражение человека электрическим током может произойти в следующих случаях:

- при прикосновении к токоведущим частям во время ремонта ПЭВМ;
- при однофазном (однополюсном) прикосновении неизолированного от земли человека к неизолированным токоведущим частям электроустановок, находящихся под напряжением;
- при прикосновении к нетоковедущим частям, находящимся под напряжением, то есть в случае нарушения изоляции;
- при соприкосновении с полом и стенами, оказавшимися под напряжением.

Основными мероприятиями по обеспечению электробезопасности являются:

- изолирование (ограждение) токоведущих частей, исключающее возможность случайного прикосновения к ним;
- установки защитного заземления;
- наличие общего рубильника;
- своевременный осмотр технического оборудования, изоляции.
- при соприкосновении с полом и стенами, оказавшимися под напряжением.

#### 7.2.6 Повышенная температура поверхностей оборудования материалов

Во время работы с криостатом некоторые части оборудования сильно нагреваются (задняя крышка криостата, насосный отсек). Неосторожное обращение с нагретым оборудованием может привести к ожогам. Согласно ГОСТ Р 30331.4-95, мерами предосторожности являются:

- не прикасайтесь к нагретым частям оборудования во время его работы (или после завершения работы при остывании печи);
- соблюдайте осторожность при работе с исследуемыми нагретыми образцами;
- выполняйте все работы по обслуживанию и чистке оборудования только при полностью отключенном от сети питания оборудовании и после остывания нагретых частей;
- используйте верхонки для защиты рук от ожогов.

### 7.2.7 Движущиеся части машин и механизмов

Существует опасность получения травмы подвижными элементами смешивающего устройства. Перед включением устройства следует убедиться в отсутствии каких-либо препятствий на пути лопастей.

Согласно ГОСТ Р 56257-2014, мерами предосторожности являются:

- при эксплуатации смешивающего устройства необходимо соблюдать все общие правила техники безопасности работы с механизмами;
- запрещается эксплуатация устройства при обнаружении неисправностей в работе механических или электрических компонентов. Продолжать работу разрешается только после устранения причин неисправностей специалистами;
- при эксплуатации необходимо следить за чистотой всех механизмов устройства и двигателя, периодически очищать их от пыли и грязи. Обтирочные материалы, которыми очищается устройство, не должны оставлять следов и ворса на протираемых поверхностях.

### 7.2.8 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя от действий опасных и вредных факторов

Для предотвращения ожогов при работе с криостатом необходима специализированная одежда, и выполнение техники безопасности для химических лабораторий.

Для предотвращения возможности поражения электрическим током соблюдаются требования:

- при производстве монтажных работ используются только исправные инструменты, аттестованные службой КИПиА;
- с целью защиты от поражения электрическим током,

возникающим между корпусом приборов и инструментом при пробое сетевого напряжения на корпус, корпуса приборов и инструментов были заземлены;

- при включенном сетевом напряжении работы на задней панели запрещены;
- все работы по устранению неисправностей производятся квалифицированным персоналом;
- постоянное наблюдение за исправностью электропроводки.

Для уменьшения воздействия шума на организм человека были проведены следующие мероприятия:

- проверена точность сборки установки, для устранения люфтов;
- для уменьшения загазованности и влажности в помещении устанавливается вытяжная система.

Помещение оборудовано приточно-вытяжной вентиляцией с нижним и верхним отсосом, обеспечивающей равномерный приток свежего воздуха и удаление загрязненного. Приточно-вытяжная вентиляция во время проведения экспериментов работает постоянно.

### 7.3 Экологическая безопасность

Загрязнение (окружающей среды, природной среды, биосферы) – это привнесение в окружающую среду (природную среду, биосферу) или возникновение в ней новых, обычно не характерных физических, химических или биологических агентов (загрязнителей), или превышение их естественного среднесуточного уровня в различных средах, приводящее к негативным воздействиям.

### 7.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

В процессе хранения гелеобразного топлива в открытых емкостях может происходить испарение. Пары нефтепродуктов, как известно, могут содержать значительное количество вредных веществ, таких как оксиды серы и азота. Смешиваясь с воздухом вредные вещества могут нанести серьезный ущерб жизни и здоровью человеческого организма, а также может отразиться на состоянии окружающей среды. Поэтому хранение гелеобразного топлива необходимо производить в герметичном закрытом баке.

Дистиллированная вода и поливиниловый спирт не настолько губительны для окружающей среды и организма человека, но в целях безопасности и экономии компонентов хранение необходимо производить в герметичных закрытых баках.

### 7.3.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду

Антропогенные выбросы парниковых газов и загрязняющих веществ – один из основных факторов, обуславливающих изменение химического состава атмосферы и ее теплового баланса. Как показано в исследованиях, процессы добычи, переработки и сжигания органического топлива являются источником 80 % суммарных объемов выбросов в атмосферу, в том числе 90 % диоксида углерода, изменения содержания которого называют основной причиной современного повышения температуры.

Негативное влияние вредных компонентов на здоровье населения, флору и фауну, объекты и сооружения не ограничивается территорией, прилегающей к источникам выбросов, а распространяется на сотни и тысячи километров. Поэтому в настоящее время загрязнение окружающей среды приобретает глобальный характер, а расходы на ее охрану стали



соизмеримы с величиной экологического ущерба.

### 7.3.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды

Для уменьшения воздействия паров гелеобразного топлива и смеси поверхностно активных веществ, выделяющихся при длительном хранении необходимо принять ряд мер по изоляции и герметизации емкостей хранения, а также узлов, производящих перекачку и слив как компонентов в отдельности, так и уже готовой микроэмульсии. В качестве емкостей хранения необходимо выбирать закрытые баки и уплотнителями на крышках и местах стыка трубопровода. Также рекомендуется произвести дополнительные меры по герметизации емкостей и узлов транспортировки.

## 7.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация — это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которая может повлечь или повлекла за собой человеческие смерти, а также ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

### 7.4.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований

В лаборатории и на производстве наибольшую опасность представляет возникновение возгорания. Поскольку топливо необходимо хранить, для дальнейшего сжигания, то существует вероятность воспламенения.

При эксплуатации необходимо контролировать состояние емкостей

с горючим путем внешнего осмотра и измерения температуры в них. Признаками самовозгорания являются повышение температуры, появление характерного запаха.

Самой распространенной причиной возникновения пожара является нарушение противопожарных правил. Поэтому персонал должен эти правила хорошо знать и выполнять.

#### 7.4.2. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований

Особое внимание стоит уделить пожаробезопасности и электробезопасности. При функционировании криостата существуют риски возникновения опасных ситуаций, как и при работе любого высокомоощного электрического прибора. Так как установка работает в режиме нагрев/охлаждение, одним из таких рисков является перегрев оборудования выше температуры, рассчитанной для его стабильной работы, что может привести к воспламенению экспериментального стенда, а вследствие и лаборатории. Для предотвращения появления такой ситуации необходимо тщательно следить за изменением температуры в насосном отсеке и следить за правильностью подключения к электрической сети. Также, причиной возникновения чрезвычайных ситуаций, связанных с возгоранием помещения, может послужить короткое замыкание в проводке экспериментального стенда.

Поэтому, для предотвращения возгорания помещение должно быть оборудовано средствами пожаротушения (огнетушителями, ящиком с песком, стендом с противопожарным инвентарем), средствами связи.

### 7.4.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС

Во избежание вышеперечисленных ситуаций необходимо осуществлять:

- 1) качественный монтаж технических средств автоматизации;
- 2) подбор кабелей нужного сечения;
- 3) произвести заземление оборудования;
- 4) при изнашивании какого-либо электрического элемента системы произвести его замену.

### 7.5 Выводы по разделу

В ходе выполнения раздела «Социальная ответственность» были рассмотрены и проанализированы вопросы, обуславливающие социальную ответственность для разработанной системы

В итоге по разделу «Социальная ответственность» были изучены: негативные воздействия на окружающую среду; выявлены и описаны вредные и опасные факторы, возникающие на производстве; указаны методики и средства борьбы с этими факторами; описаны возможные ЧС и меры по их предупреждению, а также описаны требования по поведению персонала при ЧС.

В конце хочется отметить, что на данный момент упадок окружающей среды связана с тем, что на больших предприятиях установлено устаревшее оборудование, которое не имеет новейших систем фильтрации, соответственно идет увеличение выбросов и отходов. Из этого следует, что нужно устанавливать новое оборудование, регулирующее работу котлов, как итог идет сокращение пагубного влияния на атмосферу и литосферу, так же исходя из моей работы можно предложить замену твердого топлива на композиционное.

## Заключение

В рамках настоящей выпускной квалификационной работы разработана автоматическая система управления процессом приготовления гелеобразного топлива.

Эта система является трехуровневой. Первый или полевой уровень включает в себя датчики измерения температуры, уровня, а также запорную арматуру и исполнительные механизмы с указателем положения. Средний уровень занимает регулирующее устройство, реализованное в качестве программируемого логического контроллера. А также имеется возможность управления процессом дистанционно с верхнего уровня системы управления посредством АРМ-оператора с установленной SCADA-системой.

Также разработан комплект проектной и конструкторской документации: структурная схема, функциональная схема, заказная спецификация, схема монтажная схема, принципиальная электрическая, перечень элементов, общий вид щита управления. Выполнен расчет оптимальных параметров настройки ПИ-регулятора.

При эксплуатации реальных объектов, работающих на гелеобразных микроэмульсиях, важно контролировать состояние топлива. Экспериментально были определены температурные диапазоны стабильности топливных композиций в зависимости от концентрации ПАВ. Для эффективно использования микроэмульсионного топлива необходимо соблюдать температурные условия таким образом, чтобы температура микроэмульсии соответствовала диапазону устойчивого состояния.

Проведена оценка экономической эффективности проекта при его внедрении на практике.

Рассмотрено влияние вредных факторов на организм человека и окружающую среду в процессе работы технологического оборудования.

Разработаны инструкции и мероприятия по устранению и минимизации влияния негативных факторов производства.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Kadota T, Yamasaki H. Recent advances in the combustion of water fuel emulsion. *Prog Energy Combust Sci* 2002; 28:385–404.
2. Debnath BK, Saha UK, Sahoo N. A comprehensive review on the application of emulsions as an alternative fuel for diesel engines. *Renew Sustain Energy Rev* 2015; 42:196–211.
3. Lif A, Holmberg K. Water-in-diesel emulsions and related systems. *Adv Colloid Interface Sci* 2006;126:231–239.
4. Lijian Leng, Xingzhong Yuan, Guangming Zeng, Hou Wang. The comparison of oxidative thermokinetics between emulsion and microemulsion diesel fuel. *Adv Energy Conversion and Management* 2015; 101; 364–370
5. Neuma CD, Silva AC, Neto AAD. New microemulsion systems using diesel and vegetable oils. *Fuel* 2001; 80:75–81.
6. Lin YC, Lee WJ, Chao HR, Wang SL, Tsou TC, Chang Chien GP, et al. Approach for energy saving and pollution reducing by fueling diesel engines with emulsified biosolution/biodiesel/diesel blends. *Environ Sci Technol* 2008; 42:3849–55
7. A. Lif, K. Holmberg, Water-in-diesel emulsions and related systems, *Adv. Colloid Interface Sci.* 2006; 123: 231–239.
8. R. Ochoterena, A. Lif, M. Nydén, S. Andersson, I. Denbratt, Optical studies of spray development and combustion of water-in-diesel emulsion and microemulsion fuels, *Fuel* 2010; 89: 122–132.
9. Debnath BK, Saha UK, Sahoo N. A comprehensive review on the application of emulsions as an alternative fuel for diesel engines. *Renew Sust Energ Rev* 2015; 42:196 – 211.
10. Lin Ch-Y, Lin Sh-A. Effects of emulsification variables on fuel properties of two- and three - phase biodiesel emulsions. *Fuel* 2007; 86:210 – 7.
11. Термопреобразователь сопротивления медный ТСМ Метран – 243 (50М) 2019. [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.td->

utr.ru. – Загл. с экрана.

12. Рефлексный микроволновый уровнемер MicroTrek 2019. [Электронный каталог]. – Режим доступа <https://www.rospribor.com> свободный. – Загл. с экрана.

13. Модуль аналогового ввода/вывода ТМА-301. [Электронный каталог]. – Режим доступа <https://www.elesy.ru> свободный. – Загл. с экрана.

14. СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.

15. СанПиН 2.2.4.548 – 96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. М.: Минздрав России, 1997.

16. ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности

17. ГОСТ 12.1.038-82. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.

18. ГОСТ 30331.4-95. Требования по обеспечению безопасности. Защита от тепловых воздействий